

Область эффективного применения карьерных комбайнов на Эльгинском каменноугольном месторождении по критерию прочностных свойств вмещающих пород

Д.В. Хосоев ✉, В.В. Киселев, А.М. Бураков

*Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск,
Российская Федерация
✉ khosoyev@inbox.ru*

Резюме: Статья содержит материалы исследований и результаты разноплановых расчётов, подтверждающих обоснованность высказанного авторами предположения о целесообразности ведения вскрышных и добывающих работ на Северо-Западном участке крупнейшего в РФ Эльгинского каменноугольного месторождения безвзрывной технологией с применением карьерных комбайнов типа КСМ-2000Р. Приведены прочностные свойства вмещающих пород этого участка, на основании которых установлены границы технологических зон, возможных для безвзрывной отработки углей и вскрышных пород комбайнами. Отмечена неравномерность распределения различных типов пород по площади и глубине горного массива. Подчёркивается, что переход на безвзрывную технологию отработки месторождения будет способствовать повышению рентабельности горнодобывающего предприятия, охране окружающей среды и решению ряда экологических проблем региона, таких как снижение уровня наведенной сейсмичности за счет исключения массовых взрывов, а также кратное снижение токсичных выбросов угольной и породной пыли, газов, загрязняющих воздушную среду и земную поверхность, снижая тем самым психологическую напряженность и заболеваемость населения региона.

Ключевые слова: каменноугольное месторождение, вмещающие породы, карьерный комбайн, безвзрывная технология, прочность пород, горно-геологические информационные системы, картирование

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема №0297-2021-0021, ЕГИСУ НИОКР №122011800083-0) с использованием оборудования ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН.

Для цитирования: 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>

The area for efficient application of surface miners at the Elga coal deposit based on the strength properties of the surrounding rocks

D.V. Hosoev✉, V.V. Kiselev, A.M. Burakov

*N.V. Chersky Institute of Mining of the North of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation
✉ khosoyev@inbox.ru*

Abstract: The article presents research materials and the results of various calculations confirming the validity of the authors' assumption about the feasibility of conducting the stripping and mining operations in the northwestern section of the Elga coal deposit, the largest coal deposit in the Russian Federation, using blastless technology with the KSM -2000R Surface Miners. The strength properties of the surrounding rocks in this section are described, on the basis of which the boundaries of the technological zones available for blastless mining of coal and stripping operations using surface miners. Uneven distribution of various rock types across the area and the depth of the rock mass is emphasized. It is emphasized that transition to the blastless mining methods will contribute to enhancing the profitability of the mining company, protecting the environment, and addressing a number of environmental issues in the region, in particular, by eliminating large-scale blasting, thereby reducing the level of induced seismicity, as well as significantly cutting down the emissions of toxic coal and rock dust, gases that pollute the air and land surface, thereby reducing the psychological stress and morbidity among the region's population.

Keywords: coal deposit, surrounding rocks, surface miner, blastless technology, rock strength, mining and geological information systems, mapping

Acknowledgements: The study was carried out within the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Topic No. 0297-2021-0021, EGISU NIOCTR No. 122011800083-0) using instruments that belong to the Shared core facilities of the Federal Research Center, Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

For citation: 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>

Введение

На Дальнем Востоке РФ одним из самых перспективных с точки зрения интеграции в государственную угледобывающую систему является Эльгинское каменноугольное месторождение (ЭКМ).

В настоящее время полным ходом идет разработка Северо-Западного участка (СЗУ) этого месторождения открытым способом с применением бурозрывной технологии.

В 2020 г. ООО «СИБГЕОПРОЕКТ» был разработан технический проект второй очереди разработки месторождения ООО «Эльгауголь» с достижением проектной мощности 45 млн т угля в год. Средний коэффициент вскрыши – 4,4 м³/т, срок разработки участка – 51 год¹.

Промышленная угленосность месторождения связана с отложениями Нерюнгринской и Ундытканской свит. Суммарная мощность угленосной толщи составляет около 200 м.

Отложения Ундытканской свиты на участке имеют повсеместное развитие. В ее разрезе выявлено 21 углепроявление, из которых 11 пластов характеризуются широким площадным развитием с мощностью свыше 1,0 м.

В разрезе Нерюнгринской свиты выявлено 16 углепроявлений, из которых 6 пластов представляют промышленный интерес, характеризуются широким площадным развитием с мощностью более 0,7 м.

Вскрышные породы СЗУ ЭКМ представлены двумя типами: рыхлые четвертичные отложения и коренные, относящиеся к полускальным средней крепости. Кровля и почва угольных пластов сложены алевролитами, мелкими среднезернистыми песчаниками, изредка углистыми породами.

В районе и на площади месторождения повсеместно развита зона многолетней мерзлоты.

Методы и материалы

В период ведения разведочных работ на СЗУ ЭКМ ПГО «Якутгеология» было пробурено около 500 скважин. Данный участок был разделен на 13 продольных и два поперечных профиля². В процессе исследований все скважины были расставлены по профилям (рис. 1).

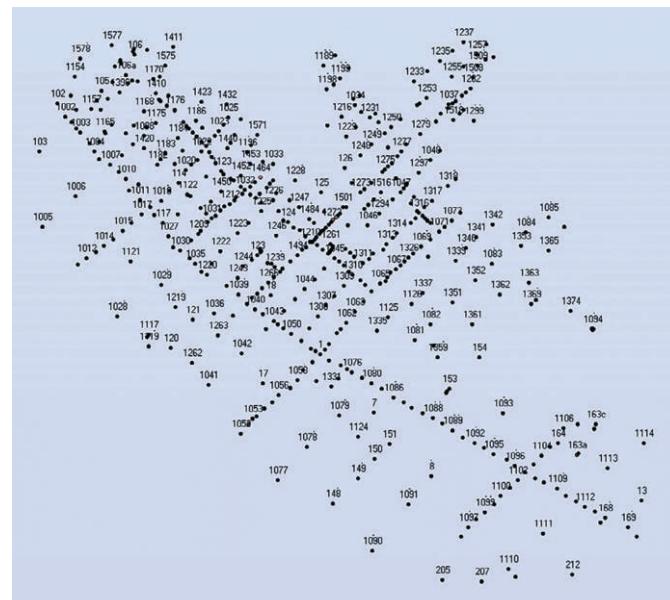


Рис. 1
Схема расположения
разведочных скважин
СЗУ ЭКМ по профилям

Fig. 1
A layout of prospecting
boreholes in the northwestern
section of the Elga coal
deposit along the profiles

Результаты

Авторами были проведены исследования прочностных свойств углей и всех типов вмещающих пород Ундытканской и Нерюнгринской свит СЗУ ЭКМ (табл. 1)³.

Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод, что в Ундытканской свите разнозернистые песчаники в отличие от других пород обладают более высокими прочностными свойствами. В Нерюнгринской свите за исключением мелкозернистых песчаников остальные виды пород имеют невысокие прочностные характеристики.

Учитывая это, авторы высказали предположение о возможности разработки углей и пород между пластами СЗУ ЭКМ безвзрывной технологией с использованием карьерных комбайнов типа KSM (Виртген, KCM-2000P), которые успешно эксплуатируются с высокой производительностью.

1 Технический проект разработки Эльгинского месторождения каменного угля ООО «Эльгауголь»: проектная документация. Кемерово; 2020. 205 с.

2 Отчет о результатах детальной разведки Северо-Западного участка Эльгинского каменноугольного месторождения в Токинском районе Южно-Якутского бассейна за 1991–1996 гг. Чульман; 1996. Т 1, Кн. 2. 314 с.

3 Обосновать концепцию разработки Эльгинского каменноугольного месторождения открыто-подземным способом, отвечающую требованиям охраны окружающей среды, экономичности и эффективности горного производства: отчет НИР (промежуточный): 0-92-11. Якутск; 1993. 200 с.

Таблица 1
Значения физико-механических и деформационных свойств углей и вмещающих пород СЗУ ЭКМ Ундытканской и Нерюнгринской свит

Породы	Участие пород в разрезе, %	Прочность на сжатие $\sigma_{сж}$, МПа
Ундытканская свита		
Конгломераты	5,6	41,8
Гравелиты	2,0	59,3
Песчаники крупнозернистые	18,4	66,6
Песчаники среднезернистые	30,9	75,7
Песчаники мелкозернистые	20,8	77,9
Алевролиты	11,5	60,0
Угли	10,8	5,5
Нерюнгринская свита		
Песчаники крупнозернистые	10,3	45,1
Песчаники среднезернистые	18,9	59,6
Песчаники мелкозернистые	26,4	72,1
Алевролиты	24,8	49,3
Угли	19,6	3,8

стью на ряде отечественных и зарубежных горнодобывающих предприятий [1–4].

Анализ литературных источников показал, что с увеличением прочности пород больше 60 МПа происходит значительное уменьшение их производительности и резкое увеличение износа дорогостоящих коронок.

С учетом технических характеристик карьерных комбайнов типа КСМ-2000Р и данных прочностных свойств вмещающих пород СЗУ ЭКМ для безвзрывной отработки были выделены технологические зоны с прочностью пород на сжатие до 60 и выше 60 МПа.

Кроме этого, на основе анализа геологических данных с использованием горно-геологической информационной системы (ГГИС) «Mineframe» [5] проведено оконтуривание технологических зон в массиве вмещающих пород по прочности для безвзрывной отработки комбайном типа КСМ. Проведенные по общепринятым методикам расчеты показали, что объем пород с прочностью до 60 МПа составляет 62,5% от их общего объема в целом по СЗУ.

На рис. 2 показан горизонтальный разрез СЗУ ЭКМ с расположением технологических зон с прочностью пород до 60 и выше 60 МПа.

На рис. 3 показан вертикальный разрез междупластики H16–H15 по продольному профилю V–V с выделением зон с прочностью до 60 и выше 60 МПа.

Анализ приведенного на рис. 3 вертикального разреза свидетельствует, что с ростом глубины изменяются расположение и площадь зон, что должно учитываться при выборе технологических решений их отработки.

Ранее в работе [6] с учетом прочностных характеристик пород и угля авторами настоящей статьи были произве-

Table 1
Physical, mechanical, and deformation properties of coal and surrounding rock in the northwestern section of the Elga coal deposit, the Undytkan and Neryungri series

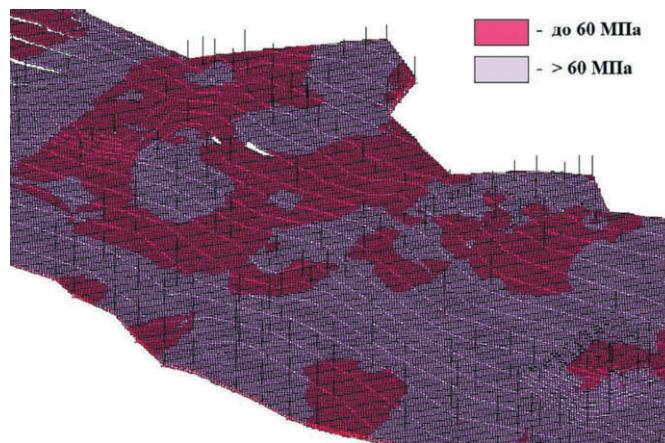


Рис. 2
Расположение технологических зон с различной прочностью пород Северо-Западного участка Эльгинского каменноугольного месторождения (горизонт 900 – кровля междупластики H₁₆–H₁₅)

– до 60 МПа
– > 60 МПа

Fig. 2
Location of the technological zones with different rock strengths in the northwestern section of the Elga coal deposit (Level 900 – interlayer roof H₁₆–H₁₅)

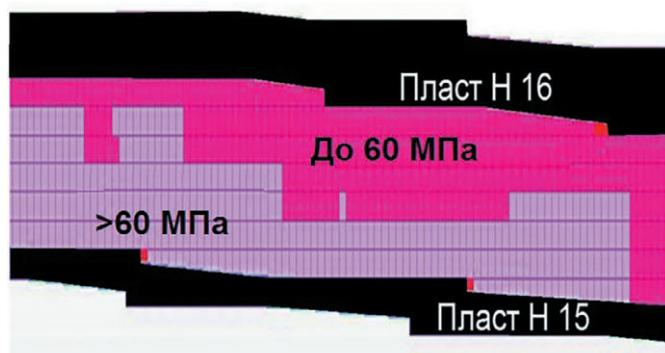


Рис. 3
Вертикальный разрез по продольному профилю V–V Северо-Западного участка Эльгинского каменноугольного месторождения с выделением зон прочности пород междупластики H₁₆–H₁₅ до 60 и выше 60 МПа

Fig. 3
A vertical section along longitudinal profile V–V of the northwestern section of the Elga coal deposit, showing zones of H₁₆–H₁₅ interlayer rocks with the strength of up to 60 and above 60 MPa

дены расчеты производительности комбайна КСМ-2000Р через энергосиловые показатели по вмещающим породам СЗУ ЭКМ. Установлено, что при крепости пород на сжатие до 40 МПа, к которым относятся угли и углистые алевролиты, производительность КСМ-2000Р составит 1400 м³/ч, при увеличении доли крепких компонентов в горных породах от 40 до 60 МПа можно ожидать уменьшения производительности до 1000 м³/ч и от 60 до 80 МПа – 650 м³/ч.

Существенно повысить производительность комбайна КСМ-2000Р по вмещающим породам возможно, по нашему мнению, путем их физико-химического разупрочнения, в частности, опережающей обработки породного массива водными растворами поверхностно-активных веществ (ПАВ) [7–9].

Проведенные нами экспериментальные исследования по разупрочнению мелкозернистых песчаников показали,



Рис. 4
Распределение вмещающих пород по скважинам на примере профиля Северо-Западного участка Эльгинского каменоугольного месторождения

Fig. 4
Distribution of the surrounding rocks by boreholes, using the profile of the northwestern section of the Elga coal deposit as an example

что при условии разупрочнения пород с прочностью на сжатие от 60 до 80 МПа за счет использования ПАВ производительность карьерного комбайна KCM-2000Р может возрасти от 750 до 1100 м³/ч (80% от паспортной) [10].

С использованием ГГИС «Mineframe» построены карты распределения пород по СЗУ ЭКМ по профилям (рис. 4). Их анализ свидетельствует о неравномерности распределения различных типов пород по площади и глубине, что в дальнейшем должно учитываться при выборе рациональных технологических схем и параметров основного горнотранспортного оборудования для разработки месторождения рекомендуемой безвзрывной технологией.

В заключение необходимо особо отметить, что рекомендуемая безвзрывная технология угледобычи будет способствовать, по нашему мнению, повышению рентабельности горнодобывающего предприятия, и, кроме этого, она отличается высокой экологичностью. Как известно, окружающая среда при открытой отработке месторождений полезных ископаемых (включая ЭКМ) находится под мощным техногенным воздействием, учитывая колоссальные масштабы ведения горных работ с использованием буровзрывной технологии, сопровождающейся громадными выбросами различных типов токсичных загрязнений, в первую очередь породной и угольной пыли, а также газов. В результате этого кардинально изменяется первозданный облик ландшафта, деградирует растительный покров, нарушается водный баланс, страдают биота и все живые организмы, включая человека. Переход на безвзрывную технологию с применением комбайнов позволит также исключить негативное сейсмическое воздействие массовых взрывов на разрезе.

Выводы

- С учетом технических характеристик комбайнов КСМ для безвзрывной отработки междупластий с использованием ГГИС «Mineframe» выделены две технологические зоны с прочностью пород на сжатие до 60 и выше 60 МПа. Установлен характер их распределения в горном массиве по простирианию и глубине.
- Установлены границы технологических зон угля и вмещающих пород, которые доступны для безвзрывной отработки карьерными комбайнами типа КСМ.
- Проведенные исследования подтвердили, что по критерию прочности (<60 МПа) до 62,5% вскрытых пород СЗУ ЭКМ могут быть отработаны по безвзрывной технологии с применением комбайнов КСМ-2000Р.

Список литературы / References

- Фомин С.И., Лелен А. Анализ опыта применения комбайнов послойного фрезерования при открытой разработке месторождений цементного сырья. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2025;(1):128–140. Режим доступа: <https://giab-online.ru/files/Data/2025/1/1-2025-128-140.pdf> (дата обращения: 07.06.2025). Fomin S.I., Ljeljen A. Experience of operation of surface miners in opencast mining of cement raw materials. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2025;(1):128–140. (In Russ.) Available at: <https://giab-online.ru/files/Data/2025/1/1-2025-128-140.pdf> (accessed: 07.06.2025).
- Liu P., Zhou W., Cai Q., Shi X., Xu G. The Thin Coal Seam (TCS) mining technology for open pit mines in China. *Geotechnical and Geological Engineering*. 2018;36:3627–3637. <https://doi.org/10.1007/s10706-018-0562-3>
- Będkowski T., Kasztelewicz Z., Zajaczkowski M., Sikora M. Technical and economic analysis of mechanical rock extraction based on “Raciszyn” deposit. *Inżynieria Mineralna*. 2016;17(2):107–112.
- Малышев Ю.Н., Анистратов К.Ю., Анистратов Ю.А., Бызов В.Ф., Вилкул Ю.Г., Зайденварт В.Е. (ред.) *Мировая горная промышленность 2004–2005: история, достижения, перспективы*. М. : НТЦ. «Горное дело»; 2005. Т. 1. 376 с.
- Наговицын О.В., Лукичев С.В. Горно-геологические информационные системы, область применения и особенности построения. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2016;(7):71–83. Режим доступа: https://giab-online.ru/files/Data/2016/7/71_83_7_2016.pdf (дата обращения: 07.06.2025). Nagovitsyn O.V., Lukichev S.V. Mining and geological information systems, areas of application and features of building. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2016;(7):71–83. (In Russ.) Available at: https://giab-online.ru/files/Data/2016/7/71_83_7_2016.pdf (accessed: 07.06.2025).

6. Хосоев Д.В., Киселев В.В. Оценка возможности применения карьерных комбайнов типа КСМ на Северо-Западном участке Эльгинского каменноугольного месторождения. *Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство.* 2024;(27):149–154. <https://doi.org/10.26160/2658-3305-2024-27-91-98>
Khosoev D.V., Kiselev V.V. Assessment of the possibility of using combines type KSM at the North-Western section of Elginskoe coal deposit. *Transport, Mining and Construction Engineering: Science and Production.* 2024;(27):149–154. <https://doi.org/10.26160/2658-3305-2024-27-91-98>
7. Шишкин Ю.П., Микулевич А.П., Бураков А.М. Экспериментальные исследования безвзрывного разупрочнения многолетнемерзлых пород на алмазоносном месторождении. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых.* 1990;(4):79–84.
Shishkin Yu.P., Mikulevich A.P., Burakov A.M. Experimental studies of blast-free softening of perennially frozen rocks at a diamondiferous deposit. *Fiziko-Tekhnicheskiye Problemy Razrabotki Poleznykh Iskopayemykh.* 1990;(4):79–84. (In Russ.)
8. Норов Ю.Д., Мардонов У.М., Тошев О.Э. Изучение влияния водных растворов ПАВ на изменение прочности горного массива. *Горный журнал.* 2005;(3):15–16.
Norov Yu.D., Mardonov U.M., Toshev O.E. Studying the impact of aqueous surfactant solutions on changes in the rock mass strength. *Gorniy Zhurnal.* 2005;(3):15–16. (In Russ.)
9. Чебан А.Ю., Секисов А.Г., Рассказов М.И., Цой Д.И., Терешкина А.А. Повышение эффективности селективной выемки богатых руд путем их предварительного физико-химического разупрочнения. *Горный информационно-аналитический бюллетень.* 2022;(9):29–41. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_9_0_29
Cheban A.Yu., Sekisov A.G., Rasskazov M.I., Tsoi D.I., Tereshkin A.A. Efficiency upgrading in selective mining of high-grade ore by means of preliminary physicochemical softening. *Mining Informational and Analytical Bulletin.* 2022;(9):29–41. (In Russ.) https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_9_0_29
10. Панишев С.А., 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: khosoyev@inbox.ru

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

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

Information about the authors

Dorzhoo V. Hosoev – Junior Research Fellow, N.V. Chersky Institute of Mining of the North of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-1466-8509>; e-mail: khosoyev@inbox.ru

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

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

Информация о статье

Поступила в редакцию: 11.05.2025
Поступила после рецензирования: 10.07.2025
Принята к публикации: 16.07.2025

Article info

Received: 11.05.2025
Revised: 10.07.2025
Accepted: 16.07.2025