

К ВОПРОСУ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ ПЛАСТОВ ЭЛЬГИНСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Хосоев Д.В., Панишев С.В., Алькова Е.Л., Киселев В.В., Максимов М.С.
Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского
Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск*

Ключевые слова: горный комбайн, буровзрывная технология, прочность пород, породные прослои, угольные пропластки, угольные пласты, потери, разубоживание, зольность, многолетняя мерзлота.

Аннотация. Приведены основные горно-геологические сведения обрабатываемого Эльгинского каменноугольного месторождения находящегося в зоне многолетней мерзлоты, отмечается сложность его строения, с наличием угольных пропластков и породных прослоев. Основываясь на результатах приведенных исследований, аргументирована целесообразность перехода отработки месторождения от циклической (буровзрывной) технологии на безвзрывную с применением комбайнов и автотранспорта. Определена техническая производительность предлагаемого горного комбайна. В графической форме представлены расчетные качественные показатели добываемого угля: потерь, разубоживания и зольности при валовой и селективной отработке отдельных пластов. При этом подчеркивается, что самые высокие значения этих показателей фиксируются при отработке пласта с наиболее сложным строением. Отмечается, что с уменьшением глубины селекции сложноструктурных пластов объем добычи угля по разрезу растет, однако при этом существенно ухудшается его качество, в связи с чем возрастают затраты на обогащение. Кроме того, применение безвзрывной технологии с использованием горных комбайнов взамен циклической (буровзрывной) на горнодобывающем предприятии повысит технико-экономические показатели и улучшит экологическую обстановку, в районе угледобычи.

TO THE QUESTION OF THE PROSPECTS FOR THE SEPARATE DEVELOPMENT OF COMPLEX-STRUCTURED STRATA OF THE ELGINSKY COAL DEPOSIT

*Khosoev D.V., Panishev S.V., Alcovova E.L., Kiselyov V.V., Maksimov M.S.
N.V. Chersky Institute of Mining of the North of Siberian Branch of the Russian Academy of Science,
Yakutsk*

Keywords: mining combine, drilling and blasting technology, rock strength, rock layers, coal seams, coal seams, losses, dilution, ash content, permafrost.

Abstract. The main mining and geological information of the Elginsky coal deposit being worked out in the permafrost zone is presented, the complexity of its structure is noted, with the presence of coal seams and rock interlayers. Based on the results of the above studies, the expediency of switching the mining of the deposit from cyclic (drilling and blasting) technology to non-explosive using combines and vehicles is argued. The technical performance of the proposed mining combine has been determined. The calculated qualitative indicators of the extracted coal are presented in graphical form: losses, dilution and ash content during gross and selective mining of individual layers. At the same time, it is emphasized that the highest values of these indicators are recorded during the development of a reservoir with the most complex structure. It is noted that with a decrease in the depth of selection of complex-structured formations, the volume of coal production in the section increases, but at the same time its quality deteriorates significantly, and therefore the costs of enrichment increase. In addition, the use of non-explosive technology using mining combines instead of cyclic (drilling and blasting) at a mining enterprise will increase technical and economic indicators and improve the environmental situation in the coal mining area.

Введение

В настоящее время высокими темпами идет разработка открытым способом крупнейшего в Дальневосточном регионе РФ Эльгинского каменноугольного месторождения (ЭКМ), находящегося в южной Якутии в зоне многолетней мерзлоты, запасы которого составляют 2,2 млрд. т., в том числе наиболее ценных коксующихся типов. Горные работы ведутся в соответствии с техническим проектом разработанными ООО «СИБГЕОПРОЕКТ». Этой же организацией разработаны технологические решения по отработке второй очереди ЭКМ с достижением проектной мощности 45 млн. т угля в год в период с 2024 по 2070 гг. [1].

ЭКМ находится в зоне распространения многолетнемерзлых пород, (около 90% площади). Их мощность колеблется от 30-40 м в пониженных формах рельефа до 250-270 м на водоразделах. Угольные пласты преимущественно сложного строения, с преобладанием пластов средней мощности, имеющие пологое, ненарушенное или слабонарушенное залегание.

Основные угольные пласты У₅, У₄, Н₁₆ и Н₁₅ приурочены к отложениям нерюнгриканской и ундытканской свит имеют сложноструктурное строение, как правило состоят из множества угольных пропластков и породных прослоев различной мощности, что предопределяет необходимость раздельной выемки [2].

Ранее проведенными исследованиями подтверждено, что технология ведения добычных работ во многом предопределяет качество добытого угля, а глубина селекции сложных пластов в значительной степени повышает технико-экономические показатели предприятия. В тоже время необходимо отметить, что раздельная разработка угольных пластов сложного строения является непростой, трудно решаемой проблемой можно сказать уже с начальной стадии открытой угледобычи. Например, еще в начале XX века прослойки и угольные пачки сортировались вручную, а затем с появлением техники с помощью экскаваторов. В частности, в Германии начиная с 1914 г., породные прослойки мощностью свыше 1 м отрабатывались раздельно многочерпаковыми экскаваторами.

Необходимо отметить, что, как уже говорилось, вплоть до недавнего времени отработка сложноструктурных угольных месторождений осуществлялась валовым способом с применением буро-взрывной технологии. При этом происходили большие потери угля, а за счет разубоживания ухудшалось его качество, эффективность использования добычной и транспортной техники была довольно низкой.

Материалы и методы исследований

Кроме выше перечисленных недостатков при валовой разработке, зольность добываемого угля, не удовлетворяет требованиям потребителей, в связи с этим его направляют на обогащение, что значительно увеличивает себестоимость. Рядом научно-исследовательских организаций, а также практикой многих разрезов подтверждается эффективность раздельной выемки угля, позволяющей значительно снизить расходы на обогащение. Этих недостатков можно избежать при внедрении на разрезе поточной технологии с раздельной отработкой угольных пластов.

Общеизвестно, что повышение рентабельности разреза возможно за счет снижения разубоживания и потерь угля. В ходе отработки угольных пластов сложного строения в независимости от технологии добычи, неизбежны в той или иной степени следующие виды потерь и разубоживания угля (рис. 1).

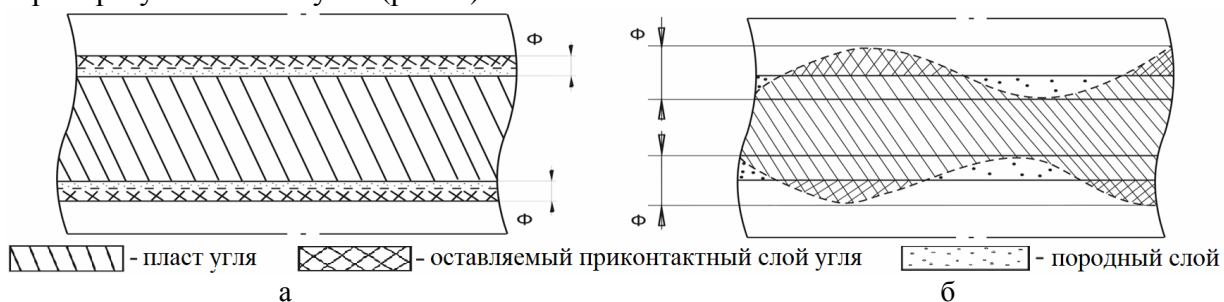


Рис. 1. Схема потерь и разубоживания при разработке сложноструктурных пластов ЭКМ: а – в кровле и почве пластов, б – в при контактной зоне пластов сложной конфигурации; Ф – область разубоживания и потерь

Снижение этих негативных показателей можно достичь за счет применения современной высокопроизводительной техники и оборудования, в частности, роторных экскаваторов. Результаты исследований, приведенные в работе [3] подтвердили высокую мобильность и эффективность роторных экскаваторов в экстремальных геологических и горногеологических условиях. Однако перспективность их применения на ЭКМ сдерживается из-за низкой производительности отработки породных прослоев в пластах.

Перспективным решением, по нашему мнению, в плане применения селективной разработки сложноструктурных пластов ЭКМ может быть использование комбайнов Wirtgen (WSM), «Крупн Индустритехник» (KSM) имеющих высокое усилие резания и способных производить их раздельную отработку. При этом минимальная толщина срезаемого слоя составляет 5-10 см, что является их преимуществом и обеспечивает возможность отработки тонких пластов и породных прослоек [4-6]. Это подтверждается практикой угледобычи, например, на разрезе Черемховский, где зольность угля при использовании комбайнов Wirtgen 2200 SM уменьшилась на 10-12% [7].

Положительные результаты опытно-промышленных испытаний KSM 4000 так же были получены при ведении вскрышных работ, отработке угольных пластов и породных прослоев на угольном разрезе «Картер». На угольных пластах со средней прочностью угля на сжатие 12,5 МПа производительность машины достигла 3000 м³/ч по целику [8]. Приведенные сведения в определенной степени дают основание предполагать возможность применения комбайнов на ЭКМ, где угольные пласты как уже говорилось, имеют сложное строение.

В таблице 1 приведена с использованием геологических изысканий общая и средняя мощность основных угольных пластов ЭКМ и общая мощность породных прослоек в них.

Анализ данных таблицы свидетельствует, что все пласты ЭКМ существенно различаются по мощности. Пласт Н₁₅ имеет мощность 2,8-8,38 м при средней 4,89 м. Пласт Н₁₆ имеет общую мощность 1,45-17,17 м при средней 9,81 м. Мощность пласта У₄ характеризуется значениями 3,14-16,8 м при средней 7,49 м. Общая мощность пласта У₅ составляет 3,14-16,8 при средней 8,89 м. Кроме этого, были выявлено процентное отношение породных пропластков в пластах (рис. 2). В пласте Н₁₅ на долю породных пропластков приходится: толщиной от 0,1 до 0,2 м – 3,6%, от 0,2 до 0,5 м – 31,8%, от 0,5 до 1 м – 44,8%. В пласте Н₁₆ породные прослои толщиной от 0,1 до 0,2 м составляют 17,7%, мощностью от 0,2 до 0,5 м – до 45,8%. В пласте У₅ пропластки мощностью от 0,2 до 0,5 м составляют 25,3%, от 0,5 до 1 м – 36,3%; в пласте У₄ основная доля пропластков лежит в интервале от 0,5 до 1 м, а оставшая часть 27,6% мощностью больше 1 м.

Таким образом, результаты проведенных исследований подтвердили характер неравномерности размещения породных прослоев во всех угольных пластах ЭКМ. Кроме этого, выявлены особенности и значения мощности породных прослоев ЭКМ в пласте Н₁₅. В частности, наиболее мощные породные пропластки находятся в его в центральной зоне (рис. 3).

Табл. 1. Мощность основных угольных пластов и породных прослоев ЭКМ

Пласт	$M_{общ}$, м	$M_{ср}$, м	M_{np} , м
Н ₁₅	2,8-8,38	4,89	0,7
Н ₁₆	1,45-17,17	9,81	0,6
У ₄	1,0-14,35	7,49	1,0
У ₅	3,14-16,8	8,89	0,9

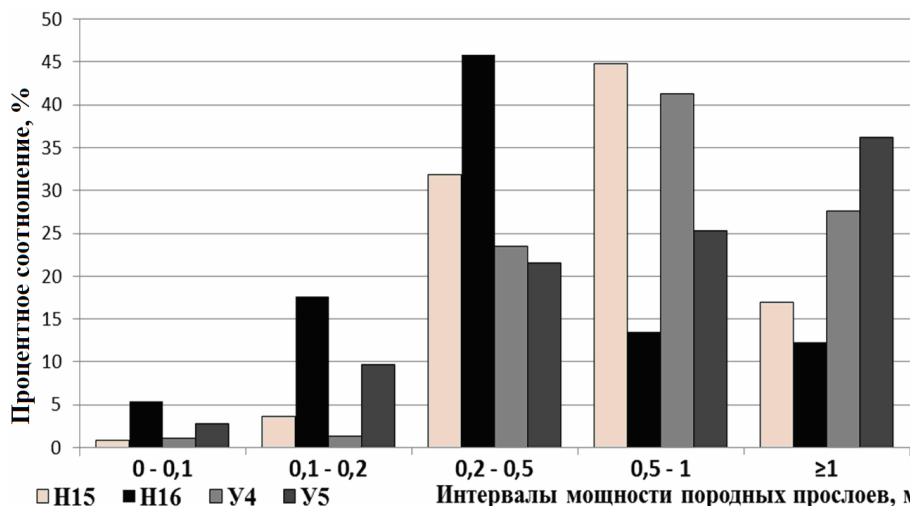


Рис. 2. Процентное соотношение мощностей породных прослоев по основным угольным пластам ЭКМ

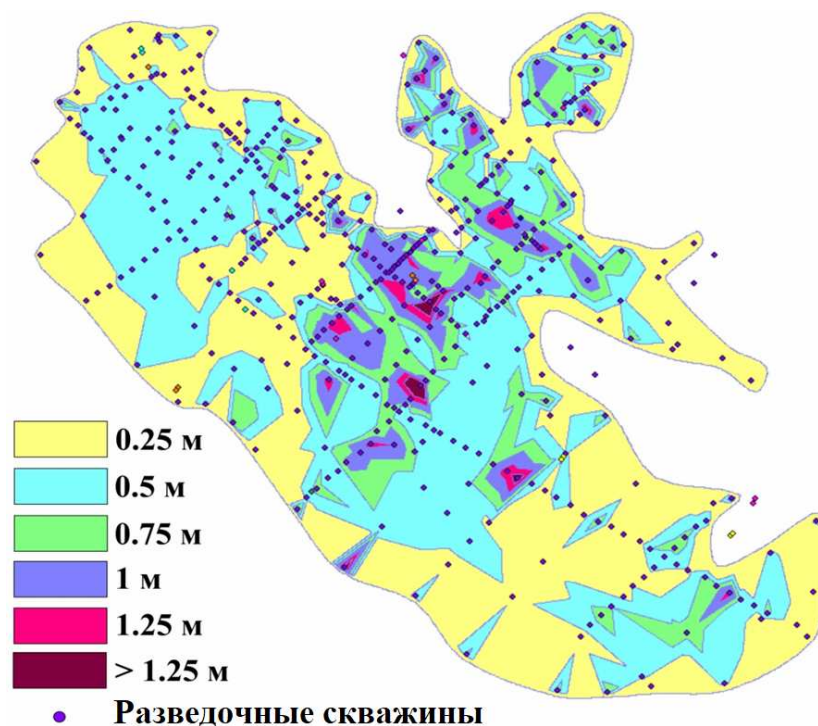


Рис. 3. Мощность породных прослоев на ЭКМ по пласту Н₁₅

Основываясь на результатах проведенных НИР [9-10], по нашему мнению, могут быть предложены наиболее целесообразные варианты отработки пластов ЭКМ комбайнами.

Пласт У₄ средняя мощность которого составляет 7,49 м, распределение породных прослоев равномерное, а их мощность меняется от 0,2 до 2,0 м, предлагается селективная выемка. При этом породный прослой в этом пласте мощностью 3,4 м рационально обрабатывать с разделением на 2 слоя.

Пласт У₅. мощностью 3,14-16,8 м содержит в себе до 12 породных прослоев в основном толщиной от 0,2 до 0,5 м, также может быть отработан селективным способом.

Пласт Н₁₅. Мощность пласта угля изменяется от 2,8 до 8,38 м. Основная толщина породных прослоев находится в диапазоне 0,2-1,0 м. Рекомендуется селективная отработка.

Пласт Н₁₆. Мощность пласта неравномерная, варьирует в пределах 1,45-17,17 м. Толщина породных прослоев находится в пределах 0,1-0,5 м. Наиболее рациональной может селективная отработка.

В тоже время не исключена валовая разработка отдельных участков вышеперечисленных пластов угля совместно с породными прослоями, которая может быть рекомендована при наличии в одном экскавируемом слое несколько пропластков толщиной не более 0,08 м.

Рациональность применения комбайнов КСМ-2000Р для отработки пласта Н₁₅ ЭКМ подтверждается результатами расчетов проведенных в ИГДС, по разработанной методике [11]. Некоторые результаты представлены на рисунке 4.

Анализ приведенных показателей свидетельствует, что общая зольность угля составляет 39%, чистая – 29,1%. При применении КСМ-2000Р зольность угля не должна превысить 30,1% при отдельной разработке пласта Н₁₅. Наибольшая производительность комбайна может достигнуть 1560 м³/ч при мощности обрабатываемого слоя угля 2,2 м, а минимальная – 656 м³/ч при отработке породного прослоя мощностью 0,36 м.

Расчетные значения зольности угля при валовой и отдельной выемке комбайнами основных пластов ЭКМ приведены на рисунке 5. Графики свидетельствуют, что зольность пласта Н₁₅ при отдельном способе отработки составит 36,5%, при выемке породных прослоев толщиной более 0,2 м – 34,0%, а при добыче чистого угля – 30,0%. Для других пластов показатели зольности соответственно составляют: Н₁₆: 25,5, 23,7 и 22,2%; У₄: 31,7, 27,3 и 24,8%; У₅: 26,7, 22,5 и 21,0%.

	Пласт Н ₁₅	Мощность, м		Зольность, %		Объемная масса, т/м ³		Средняя зольность пачки, %	Мощность разрабатываемого слоя, м	Производительность КСМ-2000Р, м ³ /час.
		угля	породы	угля	породы	угля	породы			
			0,05		62,9		1,9			
I		1,4		29,6		1,38		31,5	1,4	1220
II			0,35		79,9		2,27	74,0	0,45	655
III		0,8		29,4		1,34		29,4	0,7	830
IV			0,2		61,1		1,88	52,5	0,4	600
V		2,2		28,9		1,37		28,9	2,1	1560
VI			0,4		78,1		2,28	77,3	0,5	760
VII		1,0		28,8		1,34		28,8	1,0	1005
			0,05		62,9		1,9			

Рис. 4. Результаты расчета параметров зольности угля и производительности комбайна КСМ-2000Р при селективной отработке пласта Н₁₅ ЭКМ с разделением слоев (■ – уголь, ▨ – породные прослои)

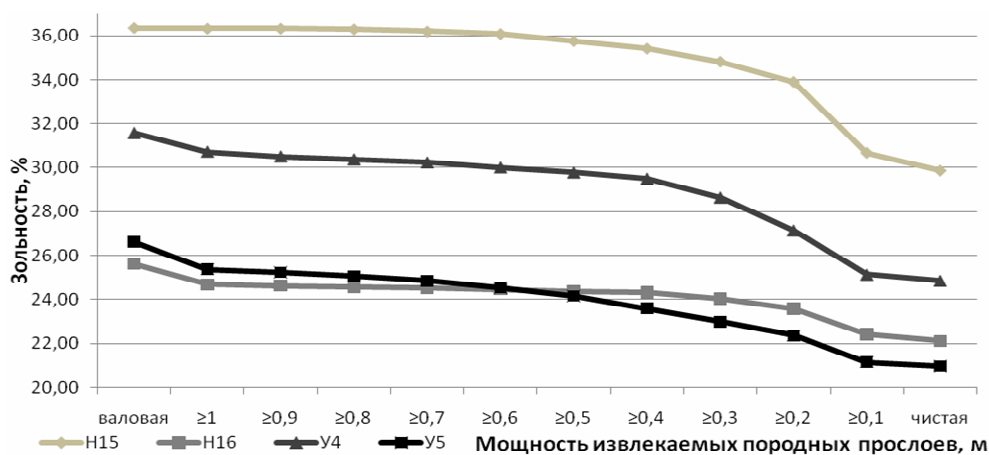


Рис. 5. Изменение зольности угольных пластов ЭКМ от толщины вынимаемых породных прослоев

Таким образом, раздельная отработка сложноструктурных пластов ЭКМ с использованием горных комбайнов позволит значительно улучшить качество добываемого угля и как следствие этого, повысить экономические показатели предприятия.

Выводы

– ЭКМ характеризуется сложным залеганием пластов, разработка, которых в настоящее время осуществляется, цикличной технологией с применением буро-взрывных работ преимущественно валовой или с частичной селекцией, что предопределяет большие потери угля, со значительным снижением его качества.

– Ускоренная разработка ЭКМ с увеличением объемов угледобычи на разрезе может быть обеспечена внедрением безвзрывной технологии с применением комбайнов в комплексе с автотранспортом, взамен цикличной (буровзрывной), что к тому же позволит улучшить показатели селекции, в особенности при отработке пластов угля небольшой мощности.

– Переход на безвзрывную технологию разработки ЭКМ так же позволит снизить техногенную нагрузку на территорию горного отвода, улучшить экологическую ситуацию в районе угледобычи.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0297-2021-0020, ЕГИСУ НИОКТР № 122011800086-1) с использованием оборудования ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН.

Список литературы

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

2. Отчет о результатах детальной разведки Северо-западного участка Эльгинского каменноугольного месторождения в Токинском районе Южно-Якутского бассейна за 1991-1996 гг. п. Чульман, РС(Я). – 1996.
3. Обосновать концепцию разработки Эльгинского каменноугольного месторождения открыто-подземным способом, отвечающую требованиям охраны окружающей среды, экономичности и эффективности горного производства: отчет НИР (прилож.): 0-92-11 / Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние, Инст. горн. дела Севера; рук. Яковлев В.Л.; испол. Петров С.Н. и др. – Якутск, 1993. – 200 с.
4. Краснянский Г.Л., Штейнцайг Р.М., Рудольф В., Коваленко С.К. Опыт создания и перспективы освоения в горнодобывающей промышленности машин нового поколения КСМ-2000РМ // Уголь. – 1998. – №4. – С. 16-21.
5. Kramadibrata S., Simangunsong G. M., Widodo N.P., Wattimena R.K., Tanjung R.A., Wicaksana Y. Rock excavation by continuous surface miner in limestone quarry // Geosystem Engineering. 2015, vol. 18(3), pp. 1-13.
6. Bedkowsri T., Kasztelewicz Z., Zajaczkowski M., Sikora M. Analiza techniczno-ekonomiczna mechanicznego urabiania skal na przykazie zloza «Raciszyn» // Inzynieria Miniralna. 2016, vol. 17(2), pp. 107-112.
7. Пихлер М., Смагин В.П., Федорко П.В., Панкевич Ю.Б. Применение комбайна Wirtgen 2200 SM для разработки сложноструктурных угольных пластов // Горная промышленность. – 2008. – №5. – С. 31-32.
8. Литвинов А.Р. Области и условия эффективного применения машин послойного фрезерования // Горный вестник. – 1998. – № 6. – С. 85-93.
9. Ермаков С.А., Бураков А.М., Хосоев Д.В. Изыскание новых технологических решений селективной отработки Эльгинского угольного месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 1. – С. 323-328.
10. Хосоев Д.В., Ермаков С.А. Оценка технологий разработки Эльгинского угольного месторождения // Уголь – 2009. – № 11. – С. 9-11.
11. Малышева Н.А., Томаков С.А., Дранников С.А. Разработка маломощных и сложных угольных пластов открытым способом. – М.: Недра, 1975. – 240 с.

References

1. Technical project for the development of the Elginsky coal deposit of Elgaugol LLC. The second stage, the production capacity is 45,000 thousand tons. Design documentation. Kemerovo, 2020.
2. Report on the results of detailed exploration of the Northwestern section of the Elginsky coal deposit in the Tokinsky district of the South Yakut basin for 1991-1996. P. Chulman, RS(Ya). – 1996.
3. To substantiate the concept of developing the Elginsky coal deposit by an open-underground method that meets the requirements of environmental protection, cost-effectiveness and efficiency of mining production: Research (application): 0-92-11 / Russian Academy of Sciences. Siberian Branch, inst. The horn. affairs of the North, head Yakovlev V.L.; executor Petrov S.N. et al. – Yakutsk 1993. – 200 p.
4. Krasnyansky, G.L., Steinzeig R.M., Rudolf V., Kovalenko S.K. The experience of creating and prospects for the development of new generation KSM-2000RM machines in the mining industry // Coal. 1998, no. 4, pp. 16-21.
5. Kramadibrata S., Simangunsong G. M., Widodo N.P., Wattimena R.K., Tanjung R.A., Wicaksana Y. Rock excavation by continuous surface miner in limestone quarry // Geosystem Engineering. 2015, vol. 18(3), pp. 1-13.
6. Bedkowsri T., Kasztelewicz Z., Zajaczkowski M., Sikora M. Analiza techniczno-ekonomiczna mechanicznego urabiania skal na przykazie zloza «Raciszyn» // Inzynieria Miniralna. 2016, vol. 17(2), pp. 107-112.
7. Pichler M., Smagin V.P., Fedorko P.V., Pankevich Yu.B. Application of the Wirtgen 2200 SM combine harvester for the development of complex-structured coal seams // Mining industry. 2008, no. 5, pp. 31-32.
8. Litvinov A.R. Areas and conditions for the effective use of layer-by-layer milling machines // Mountain Bulletin. 1998, no. 6, pp. 85-93.
9. Ermakov S.A., Burakov A.M., Khosoev D.V. Search for new technological solutions for selective mining of the Elginsky coal deposit // Mining information and analytical bulletin. 2008, no. 1, pp. 323-328.
10. Khosoev D.V., Ermakov S.A. Evaluation of technologies for the development of the Elginsky coal deposit // Coal. 2009, no. 11, pp. 9-11.
11. Malyshev N.A., Tomakov S.A., Dranikov S.A. Development of low-power and complex coal seams by open method. – М.: Nedra, 1975. – 240 p.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Хосоев Доржо Владимирович – ведущий инженер	Khosoev Dorzho Vladimirovich – leading engineer
Панишев Сергей Викторович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	Panishev Sergey Viktorovich – candidate of technical sciences, leading researcher
Алькова Елена Леонидовна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник	Alkova Elena Leonidovna – candidate of technical sciences, senior researcher
Киселев Валерий Васильевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник	Kiselev Valery Vasilyevich – candidate of technical sciences, senior researcher
Максимов Михаил Савич – младший научный сотрудник	Maksimov Mikhail Savich – junior researcher
Nelealc12@rambler.ru	

Получена 13.03.2024