ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2020;(2):5-12
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.2 DOI: 10.25018/0236-1493-2020-2-0-5-12

МЕТОДИКА СЕЛЕКТИВНОЙ ДОБЫЧИ НИЗКОЗОЛЬНОГО УГЛЯ НА АПСАТСКОМ КАМЕННОУГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ПРИ СУБВЕРТИКАЛЬНОМ ПАДЕНИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Д.В. Дулин

ООО «Арктические разработки», Новая Чара, Россия, e-mail: dulindv@suek.ru

Аннотация: Представлена методика селективной добычи низкозольного угля при субвертикальном падении угольных пластов как способ управления качеством угольной продукции на стадии извлечения угля в забое. Приведена последовательность действий по оценке качества угля в пласте, выделению блока низкозольного угля, организации добычи. Предложена технологическая схема работы гидравлического экскаватора Liebherr 954 по добыче угля траншейным способом. Описаны условия Апсатского каменноугольного месторождения, которое является новым объектом угледобычи, вовлеченным в промышленное освоение Восточной Сибири. Месторождение, весьма сложное по геолого-экономическим показателям, отнесено к категории наивысшей сложности по освоению и не имеет мировых аналогов. Обогатительные мощности на действующем с 2012 г. разрезе «Апсатский» на текущий момент отсутствуют. Апсатский каменный уголь марки «К» премиум класса является высококачественным сырьем для металлургической промышленности. Учитывая сложившийся на угольном рынке дефицит высококачественного коксового угля, апсатский уголь может быть востребован внутри России и за рубежом. Для изучения спроса предприятие поставило задачу выделить и добыть уголь марки «К» с зольностью не более 11% и тем самым получить угольный концентрат марки «К» минуя обогатительную фабрику. Использование методики селективной добычи низкозольного угля с дополнительными мероприятиями по контролю качества, с применением специально разработанной технологической схемы позволило добиться отгрузки потребителям пробной партии угля марки «К» с зольностью 10,1%. Без дополнительных затрат на обогащение низкозольный уголь может поставляться непосредственно на металлургические комбинаты.

Ключевые слова: Апсатское каменноугольное месторождение, низкозольный уголь, угольная пачка, селективная выемка, пластовая проба, мощность угольного пласта, субвертикальное падение угольных пластов.

Для цитирования: *Дулин Д. В.* Методика селективной добычи низкозольного угля на Апсатском каменноугольном месторождении при субвертикальном падении угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 2. – С. 5–12. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-2-0-5-12.

Procedure of selective extraction of low-ash coal in the Apsat field at near-vertical dip of seams

D.V. Dulin

Ltd Arctic Development», Novaya Chara, Russia, e-mail: dulindv@suek.ru

Abstract: The procedure of selective low-ash coal extraction at near-vertical dip of seams is proposed as a method of coal production quality control at the stage of the coal face work. The sequence of operations on in-seam coal quality appraisal, low-ash coal block identification and production management is presented. The flow chart of the open cutting by hydraulic excavator Liebherr 954 is proposed. Conditions of the Apsat coal field as a new coal production object involved in commercial development in Eastern Siberia are briefly described. It is emphasized that the deposit is very difficult in terms of geology and economics, is rated as the mining object of the highest difficulty and has no analogs in the world. Operating since 2012, the Apsat open pit mine has currently no coal dressing facilities. The Apsat premium grade K coking coal is a high-quality feedstock for the metallurgy. Considering the current deficit of high-quality coking coal in the market, the Apsat grade K coal can find demand both in Russia and abroad. For this reason, in the framework of the demand analysis, it is required to locate and extract grade K coal with ash content not more than 11%. Thus, it would be possible to produce grade K concentrate with a preparation plant. Application of the selective extraction procedure for low-ash coal with additional quality control and using the dedicated process flow chart enabled shipment of pilot lot of grade K coal with ash content of 10.1% to consumers. The low-ash coal can be directly delivered to metallurgical plants without extra expenditure connected with preparation.

Key words: Apsat coal deposit, low-ash coal, coal band, selective extraction, in-seam sample, coal seam thickness, near-vertical dip of coal seams.

For citation: Dulin D. V. Procedure of selective extraction of low-ash coal in the Apsat field at near-vertical dip of seams. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(2):5-12. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-2-0-5-12.

По данным различных источников в настоящее время для коксохимической промышленности остро стоят проблемы ухудшения качества сырьевой базы коксования и дефицит коксующихся углей ценных марок К, КО, ОС. Дефицит в коксовой шихте этих марок приводит к снижению качества металлургического кокса, увеличению его расхода в доменном производстве и снижению производительности доменных печей.

Спрос на коксовые угли растет. Для покрытия складывающегося дефицита коксующихся углей ценных марок добывающие компании увеличивают объемы добычи на действующих и вновь вводимых предприятиях. В отработку вовлекаются угольные месторождения со сложными горно-экономическими условиями. Одно из новых предприятий, занимающихся добычей угля коксующихся марок, — разрез «Апсатский», который с 2012 г. осваивает Апсатское каменноугольное месторождение.

Апсатское каменноугольное месторождение расположено в северной части Каларского района Забайкальского края, в пределах высокогорной части хребта Кодар Олекмо-Витимской горной страны. Площадь месторождения — 100 км^2. Ближайшими населенными пунктами яв ляются с. Чара (36 км к юго-западу от месторождения) и железнодорожная станция Новая Чара Байкало-Амурской магистрали (60 км к югу). Абсолютные отметки площади распространения месторождения варьируют от 1200 до 2600 м. В целом угли месторождения соответствуют маркам ОК, Ж, К, КЖ, КО, КС, ОС. Балансовые запасы угля по разрезу «Апсатский» на 01.01.2018 г. составляли 96 668 тыс. т.

Основной сложностью промышленного освоения Апсатского месторождения является его нагорное расположение и крутое падение угольных пластов.

В настоящее время промышленное значение имеют угольные пласты: В$_1$,

B_{2+3}, B_4, B_5, B_6, B_7. По результатам проведенных исследований, все угли относятся к высококачественной марке К. При этом уголь пласта $B_{(2+3)}$ в соответствует международной категории Hard Coaking Coal. Угли пластов B_4 и B_5 соответствуют категории Semi Hard (CSR = 45—55%), что по ряду направлений зарубежных поставок также дает дополнительное конкурентное преимущество перед другими российскими производителями углей для коксования.

Варианты шихт, составленных исключительно из углей Апсатского месторождения, обеспечивают достаточно приемлемое качество кокса. Для потребителей, имеющих коксовые «ульевые печи» (beehive ovens) упрощенной конструкции — как готовые шихты для коксования. Такие печи до настоящего времени используются в Индии, Китае и ряде других стран.

С целью изучения уровня спроса на наиболее качественный уголь перед предприятием встала задача — выделить и добыть уголь марки К с зольностью не более 11%. Снижение зольности добываемого угля обеспечивает значительное повышение стоимости конечного товарного продукта.

Зольность чистых угольных пачек (ЧУП) в среднем по Апсатскому месторождению, составляет 15% с колебаниями от 5,9 до 35,5%. Добыча угля в соответствии с проектной документацией ведется валовым способом с присечкой пород

Рис. 1. Отбор пластовой пробы
Fig. 1. In-seam coal sampling

№ п/п	Мощности вмещающих пород, м	Литологический разрез	Мощность ПИ, м	Синонимика	Характеристика
1					Песчаник мелкозернистый, светло-серый
2			5,95	В2+4	Уголь средней крепости
3	0,2				Углистый алевролит
4			13,92	В2+4	Уголь средней крепости
5					Песчаник мелкозернистый, светло-серый

Рис. 2. Структурная колонка по пласту $В_{2+4}$
Fig. 2. Structural column of seam V_{2+4}

кровли и почвы. Обогатительные мощности на предприятии на текущий момент отсутствуют. Отгрузка угля потребителям осуществляется в рядовом виде.

Для обеспечения требуемой зольности товарного продукта были проведены дополнительные мероприятия с контролем качества угля по всей технологической цепочке от добычи до погрузки в вагоны. Дополнительные мероприятия включают в себя выделение низкозольных угольных пачек, подготовку к выемке низкозольного блока и добычу низкозольного угля.

Выделение низкозольных угольных пачек

С целью выделения пачек с низкозольным углем было выполнено пластовое опробование по простиранию пласта от кровли к почве, высеканием поперечной борозды в угольном пласте. Забор проб угля выполнялся вручную по всем основным пластам с интервалом опробования в 1 м. На рис. 1 представлен процесс отбора пластовой пробы, характеризующей качество угля в забое по профильной линии 18 пласта $В_{2+4}$.

В результате определения зольности (Ad) выяснилось, что в угольном пласте $В_{2+4}$ содержится довольно мощная (в среднем 8—10 м) пачка низкозольного угля (Ad = 10%).

В остальных угольных пластах низкозольные пачки отсутствуют вовсе или их мощность составляет до 2 м. На данном этапе освоения Апсатского месторождения технические возможности предприятия не позволяют добывать селективно низкозольные угольные пачки мощностью до 2 м. Единственный угольный пласт, в котором имелась возможность селективно извлечь мощную угольную пачку с золою порядка 9—11% — пласт $В_{2+4}$.

В период выполнения работ по селективной добыче низкозольного угля пласт $В_{2+4}$ был самым мощным из разрабатываемых пластов на месторождении. Пласт $В_{2+4}$ как самостоятельный пласт образован слиянием пластов $В_{2+3}$ и $В_4$ в пределах участка «Угольный». Пласт включает две пачки угля мощностью 0,23—9,14 м, разделенных породным прослоем мощностью 0,13—0,56 м. Мощность пласта от 3,72 до 20,27 м (средняя — 11,49 м), средняя зольность 15,9%. На рис. 2 приведена структурная колонка пласта $В_{2+4}$. Пачки с золой 9—11% (в среднем около 10%), занимают, как правило, всю нижнюю часть пласта $В_{2+4}$.

На рис. 3 приведен пример определения зольности по интервалам опробования пласта $В_{2+4}$ (профильная линия 19) с выделением низкозольной пачки с зольностью 9,7%.Низкозольные пачки сосредоточены между маленьким по мощности (10—20 см) прослоем алевролитов и почвой пласта. Выделение в контуре угольного пласта единой мощной низкозольной пачки позволяет организовать ее селективную добычу.

Нижнюю пачку пласта $В_{2+4}$ можно целиком рассматривать как низкозольную пачку. Протяженность по простиранию пласта составляет 135 м. Средняя мощность низкозольной угольной пачки — 8 м. Средняя зольность на весь блок 10,2% (включая содержания 15,4%, 18,5%, 15,8% проба № 323). Следует отметить, что высокие содержания золы в пробах низкозольного угля — это, скорее всего, ошибка опробования. Возможно, зачистка пласта бульдозером до опробования была не совсем качественной. Но в целом, даже с высокими отдельными показателями, принятыми к расчету, наблюдается в целом не высокая зольность (10,2%).

Подготовка к выемке низкозольного блока

После выделения низкозольного блока выполняются операции, обеспечивающие подготовку к выемке и добычу низкозольного угля.

Последовательность операций по выявлению и добыче низкозольного угля (пласт $В_{2+4}$) сводится к следующему:

- проводится тщательная зачистка угольного пластана всю длину предполагаемой выборки низкозольной пачки (от подошвы пласта $В_{2+4}$ до прослоя алевролитов к кровле);
- бороздовое опробование через всю мощность пласта с интервалом 1 м. Расстояние между линиями опробования (профиль) принимается равным 25 м в виду геологической сложности строения угольных пластов;
- проведение определения качественных показателей угля в лаборатории;
- выделение и разметка низкозольной пачки угля на местности по всему простиранию угольного пласта;
- проведение буровзрывных работ на блоке с низкозольным углем на глубину выработки (5 м);

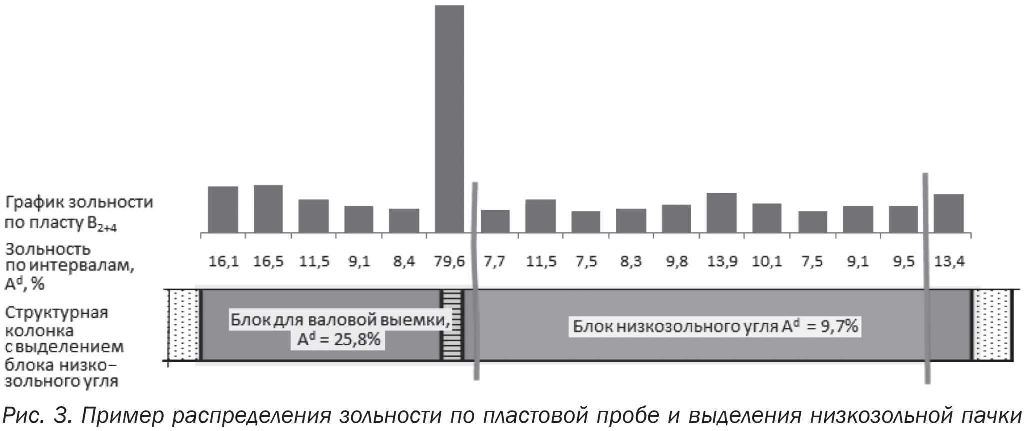

Рис. 3. Пример распределения зольности по пластовой пробе и выделения низкозольной пачки угля по пласту $В_{2+4}$

Fig. 3. Example of ash content distribution in in-seam coal sample and location of low-ash coal bend in seam V_{2+4}

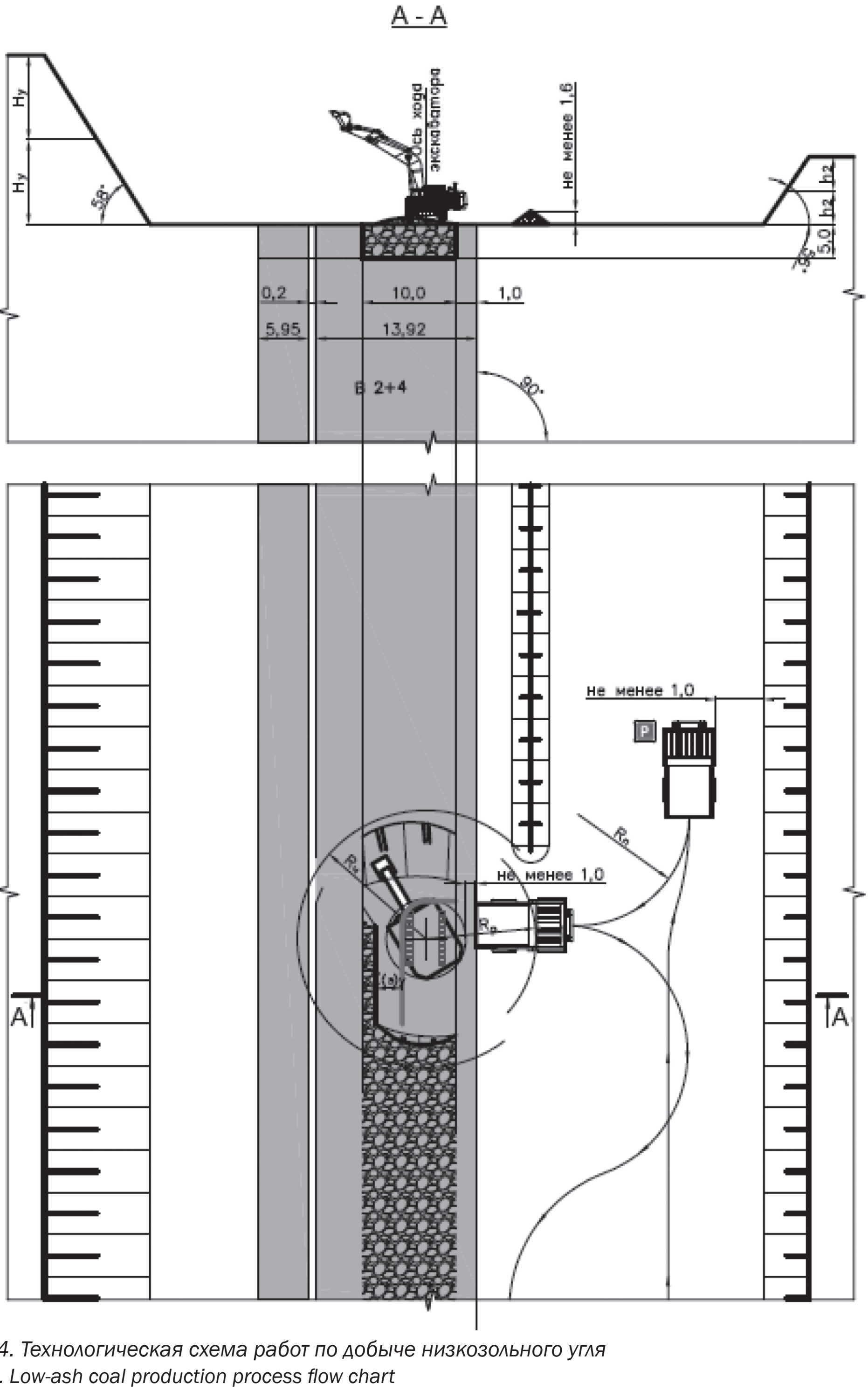

Рис. 4. Технологическая схема работ по добыче низкозольного угля
Fig. 4. Low-ash coal production process flow chart

• окончательная зачистка угольного пласта и его разметка.

Добыча низкозольного угля

Добыча выполняется траншеей глубиной 5,0 м. В качестве добычного оборудования используется гидравлический экскаватор Liebherr R954C, оснащенный обратной лопатой.

Экскаватор располагается на породном массиве на фланге проходимой траншеи, и поэтому устойчивость откоса забоя достаточна, следовательно экскаватор может работать с максимальной глубиной копания. Технологическая схема работ по добыче низкозольного угля приведена на рис. 4. Жесткое крепление ковша обратной лопаты дает ему возможность рыть узкие траншеи с вертикальными стенками. Всего с использованием методики селективной добычи низкозольного угля было отгружено на металлургические комбинаты в Японию 26 тыс. т угля с зольностью 10,1%.

Рассмотренная методика позволяет обеспечить селективную добычу низкозольного угля. Без дополнительных затрат на обогащение низкозольный уголь может поставляться непосредственно на металлургические комбинаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мельник В.В., Агафонов В.В.* Основные тенденции современного этапа развития угледобывающего комплекса России // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2013. — № 1. — С. 344—353.

2. *Яновский А.Б.* Основные тенденции и перспективы развития угольной промышленности России // Уголь. — 2017. — № 8. — С. 10—14.

3. *Ефимов В.И., Федорова Е.А., Никулин И.Б.* Перспективы экономически эффективной добычи угля в России // Известия ТулГУ. Науки о Земле. — 2015. — № 2. — С. 90—100.

4. *Гоосен Е.В., Колеватова А.В., Клишин В.И.* О перспективах развития государственно-частного партнерства в угольной отрасли России // Горная промышленность. — 2017. — № 6 (136). — С. 66—70.

5. *Циношкин Г.М., Дулин Д.В.* Особенности степени метаморфизма и распределения марочного состава углей Апсатского месторождения // Уголь. — 2014. — № 7. — С. 61—65.

6. ГОСТ 25543-2013 Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам.

7. *Авгушевич И.В., Броновец Т.М., Головин Г.С., Сидорук Е.И., Шуляковская Л.В.* Стандартные методы испытания углей. Классификация углей. — М.: НТК «Трек», 2008. — 368 с.

8. *Исламов С.Р.* Энерготехнологическая переработка угля. — Красноярск: Поликор, 2010. — 224 с.

9. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. — М.: Недра, 1982. — 405 с.

10. *Курехин Е.В.* Выемка маломощных пластов гидравлическими экскаваторами зарубежного производства // Вестник КузГТУ. — 2008. — № 3. — С. 3—5.

11. *Loison R., Foch P., Boyer A.* Coke: quality and production. Elsevier; 2014 May 20.

12. *Piotr Żarczyński, Andrzej Strugała* Studies on the Possibility of Extending Coal Resources for Coke Production through the Application of Coal Predrying // Energy & Fuels. 2018, Vol. 32, no 5, pp. 5666—5676.

13. *Saša Stepanović, Nikola Stanić, Miodrag Šešlija, Miljan Gomilanović* Analysis of coal quality in a function of selection level for mining at the open pit Gacko // Mining & Metallurgy Engineering Bor, 2017, no 1—2, pp. 71—84.

14. *Lumley G.* Trends in performance of open cut mining equipment // GBI Mining Intelligence white paper. 2012. Feb. 20.

15. *Dhaval Kumar A. Patel, Bhavesh P. Patel, Mehul Kumar A. Patel* A critical review on kinematics of hydraulic excavator backhoe attachment // International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. 2015, Vol. 4, No 2, April. ГИАБ

REFERENCES

1. Mel'nik V. V., Agafonov V. V. Basic trends of the modern-stage development in the coal mining sector in Russia. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2013, no 1, pp. 344—353.

2. Yanovskiy A. B. Basic trends and development prospects in the coal mining industry in Russia. *Ugol'*. 2017, no 8, pp. 10—14.

3. Efimov V. I., Fedorova E. A., Nikulin I. B. Prospects of economically efficient coal production in Russia. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta, Nauki o zemle*. 2015, no 2, pp. 90—100.

4. Goosen E. V., Kolevatova A. V., Klishin V. I. Prospects of the public–private partnership development in the coal industry in Russia. *Gornaya promyshlennost'*. 2017, no 6 (136), pp. 66—70.

5. Tsinoshkin G. M., Dulin D. V. Features of metamorphism intensity and distribution of coal grade composition in the Apsat field. *Ugol'*. 2014, no 7, pp. 61—65.

6. *Ugli burye, kamennye i antratsity. Klassifikatsiya po geneticheskim i tekhnologicheskim parametram. GOST 25543-2013* [Lignite, bituminous coal and anthracite. Classification by genetic and process variables. State Standart 25543-2013].

7. Avgushevich I. V., Bronovets T. M., Golovin G. S., Sidoruk E. I., Shulyakovskaya L. V. *Standartnye metody ispytaniya ugley. Klassifikatsiya ugley* [Standard test method for coal. Coal classification], Moscow, NTK «Trek», 2008, 368 p.

8. Islamov S. R. *Energotekhnologicheskaya pererabotka uglya* [Power technology of coal preparation], Krasnoyarsk, Polikor, 2010, 224 p.

9. *Tipovye tekhnologicheskie skhemy vedeniya gornykh rabot na ugol'nykh razrezakh* [Standard flow charts of open pit coal mining], Moscow, Nedra, 1982, 405 p.

10. Kurekhin E. V. Extraction of thin seams by hydraulic excavations of foreign manufacture. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2008, no 3, pp. 3—5.

11. Loison R., Foch P., Boyer A. *Coke: quality and production*. Elsevier; 2014 May 20.

12. Piotr Żarczyński, Andrzej Strugała Studies on the Possibility of Extending Coal Resources for Coke Production through the Application of Coal Predrying. *Energy & Fuels*. 2018, Vol. 32, no 5, pp. 5666—5676.

13. Saša Stepanović, Nikola Stanić, Miodrag Šešlija, Miljan Gomilanović Analysis of coal quality in a function of selection level for mining at the open pit Gacko. *Mining & Metallurgy Engineering Bor*, 2017, no 1—2, pp. 71—84.

14. Lumley G. Trends in performance of open cut mining equipment. *GBI Mining Intelligence white paper*. 2012. Feb. 20.

15. Dhaval Kumar A. Patel, Bhavesh P. Patel, Mehul Kumar A. Patel A critical review on kinematics of hydraulic excavator backhoe attachment. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*. 2015, Vol. 4, No 2, April. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Дулин Дмитрий Валентинович — главный инженер,
ООО «Арктические разработки», e-mail: dulindv@suek.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

D.V. Dulin, Chief Engineer, Ltd «Arctic Development»,
674159, Novaya Chara, Russia, e-mail: dulindv@suek.ru.

Получена редакцией 08.11.2019; получена после рецензии 18.11.2019; принята к печати 20.01.2020.
Received by the editors 08.11.2019; received after the review 18.11.2019; accepted for printing 20.01.2020.