

УДК 622.142.2+658: 622.33
DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-8-83-90

РЕЗЕРВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СОСТАВЛЯЮЩИМИ ЗОЛЬНОСТИ УГЛЯ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

RESERVES FOR THE MANAGEMENT OF NATURAL AND TECHNOLOGICAL COMPONENTS OF COAL ASH OF COMPLEX STRUCTURE DEPOSITS



*Е. А. Хоютанов,
институт горного дела
Севера им. Н. В. Черского,
г. Якутск
khoiutanov@igds.ysn.ru*

*E. Khoiutanov,
Chersky Institute of Mining
of the North, Yakutsk*



*С. А. Батугин,
институт горного дела
Севера им. Н. В. Черского,
г. Якутск
batuginan@mail.ru*

*S. Batugin,
Chersky Institute of Mining of
the North, Yakutsk*



*В. Л. Гаврилов,
институт горного дела
Севера им. Н. В. Черского,
г. Якутск
gvlugorsk@mail.ru*

*V. Gavrilov,
Chersky Institute of Mining of
the North, Yakutsk*

На основе нового понятия «природное разубоживание угля» и выделенных составляющих зольности обоснован ряд мер совершенствования процессов управления зольностью применительно к условиям Эльгинского угольного месторождения. В частности это может быть достигнуто за счёт повышения полноты извлечения запасов сложноструктурных пластов с учетом зольности угля в приконтактных зонах (исследован характер распределения зольности угля в зонах контактов кровли и почвы пластов мощностью в 1 м с вмещающими породами по основным пластам в зоне первоочередной отработки месторождения); селективного извлечения породных прослоев из пластов или раздельная выемка из зон с различной минерализацией (существует принципиальная возможность дополнительной дифференциации запасов угля в пластах на более однородные технологические зоны с повышенным или пониженным количеством прослоев для организации простой (площадной), сложной (по мощности) или комбинированной раздельной выемки и формирования, в случае необходимости, самостоятельных или объединенных угольных потоков); извлечения угля или породных прослоев при разработке пластов малой мощности (запатентован способ, позволяющий извлекать часть забалансовых запасов практически без изменения порядка ведения горных работ, а также осуществлять выемку породных и высокозольных прослоев из обрабатываемых угольных пластов); раздельной выемки угольных пачек пластов с разной зольностью (рекомендации по отработке пластов с различиями по зольности между выделяемыми по вертикали пачками путем деления на подступы с формированием самостоятельных угольных потоков разной зольности и обогатимости). Приведены направления дальнейших исследований

Ключевые слова: уголь; зольность; качество; пласт сложного строения; валовая и селективная добыча; управление; предварительная подготовка; Эльгинское угольное месторождение; минерализация; природное разубоживание угля

The article presents several measures of ash control improvement in relation to the conditions of the Elginskoe coal deposit on the basis of a new concept of «natural dilution of coal» and components of ash content. In particular, this can be achieved by: increasing of the extraction ratio of reserves of complex structure seam, taking into account the coal ash in the contact zones (distribution of coal ash in the zones of contact of the roof and bottom of seams with a thickness of 1 m with overburden for the major seams in the priority of mining of the deposit is investigated); selective extraction of rock layers from the seams or separate mining extraction from areas with different mineralization (there is a possibility for additional differentiation of coal reserves to more homogeneous technological zones with higher or lower number of interlayers for organization of simple (areal), complex (by thickness) or joint separate excavation and formation, if necessary, independent or combined coal flows); extraction of coal or rock interlayers for mining of the thickness seams (patented method for extraction a part of the off-balance reserves almost without changing an order of mining operations, and to carry out an excavation of rock and high ash interlayers from minable coal seams); separate excavation of coal seams with different ash (recommendations for the extraction of seams with differences in ash between the vertically allocated zones by dividing into multiple benches with the formation of independent coal flows with different ash and preparation are given). The directions of further researches are suggested

Key words: coal; ash; quality; complex structure seam; gross (total) and selective output; control; pre-treatment; Elginsky coal deposit; mineralization; natural dilution of coal

Зольность углей всех типов варьирует в широком диапазоне, при том, что требования потребителей к качеству используемых углей в настоящее время значительно возросли [12–13; 15]. Вопросы управления зольностью добываемого угля в условиях объективной необходимости вовлечения в разработку всё более сложных по строению и неоднородных по свойствам месторождений исследованы недостаточно полно [4; 6–7; 11; 14]. Это позволяет говорить о необходимости усиления внимания к изучению вопросов, связанных с процессами управления данным показателем качества твёрдого топлива, как одного из основных для существующих и потенциальных потребителей [10].

Ранее предложен новый подход к оценке природного разубоживания угля, делению зольности на отдельные природные и технологические составляющие. Это расширило представление об исходном георесурсе, качестве запасов в нём и возможности поиска новых резервов управления. Созданная методика оценки всех видов разубоживания добываемого угля, учитывающая в том числе структуру, морфологию угольных пластов и пространственную изменчивость зольности, позволяет снизить неопределенность при оценке технологических свойств запасов угля. Кроме того, она служит новой информационной основой для

разработки и принятия технологических и организационных решений, направленных на снижение зольности. Совершенствование управления ею может и должно осуществляться с учётом получаемых оценок разубоживания. Суммарно это способствует: более точной дифференциации участков по степени пригодности к отработке валовым или селективным способами; повышению эффективности формирования основных и вспомогательных потоков угля в режиме управления его потребительскими свойствами; росту полноты и качества извлечения балансовых и забалансовых запасов сложных по строению запасов месторождений, в том числе Эльгинского, на примере и для условий которого разработан ряд рекомендаций.

Следует помнить о том, что эксплуатационную доразведку, планирование горных работ, добычу угля, его предварительную подготовку в разрезе к обогащению следует рассматривать как единый технологический процесс с общей направленностью на достижение согласованных между процессными целей.

На основе широкого спектра приемов анализа, направленных на повышение уровня знаний об объекте разработки и формирование рациональных планов развития горных работ, предложены основные меры по управлению зольностью с учетом состав-

ляющих, связанных с технологическим разубоживанием (A^d_1), внутрипластовыми породными прослойками с технологически извлекаемыми мощностями (A^d_2) и зонами повышенной зольности (A^d_3). Применение разнообразных сочетаний данных мер, их комплексирование и комбинирование зависит как от конкретных горно-геологических условий отработки пласта/участка, так и внешней обстановки, в которой работает горно-обогащительный комплекс.

На ряде примеров рассмотрим резервы совершенствования управления зольностью при добыче и подготовке угля к обогащению на разрезе.

1. Повышение полноты извлечения запасов сложноструктурных пластов с учетом зольности угля в приконтактных зонах. На участке первоочередной отработки месторождения исследован характер распределения зольности угля в местах контактов кровли и почвы пластов с вмещающими породами. По основным пластам выделены зоны мощностью в 1 м. На основе данных по каждой из скважин, расположенных в контурах участка, определены средневзвешенная зольность и коэффициенты её вариации, рассчитанные, где необходимо, с учётом засорения породными прослоями.

В этих прикровельных и припочвенных частях пластов метровой мощности дополнительно изучены характер и особенности распределения зольности угля по площади. Согласно проекту, расчёт эксплуатационных потерь производится в целом по пластам без дифференциации по зольности угля в приконтактных зонах. При зачистке почвы мощных пластов и кровли и почвы остальных углепородная смесь с большим содержанием угля вывозится в отвал, формируя значительную часть потерь. Анализ показывает, что в зонах контактов «уголь – порода» зольность в значительном числе случаев ниже, чем в целом по пластам. Этот факт является объективной предпосылкой для проведения новых работ по минимизации потерь угля на основе использования разработанных ранее в ИГДС СО РАН методов позабойного нормирования потерь и

разубоживания добываемого угля. Например, после соответствующей технико-экономической оценки возможно включение технологически разубоженного топлива из областей с пониженной зольностью (относительно средних по пластам) в общие потоки, направляемые на обогащение.

2. Селективное извлечение породных прослоев из пластов или раздельная выемка из зон с различной минерализацией. Анализ технических характеристик предлагаемого рынком выемочного оборудования и технологических схем его применения показывает, что минимальная мощность селективно вынимаемого слоя для пологопадающих пластов равна 0,05 м, а при 0,2 м некоторые виды техники работают без снижения производительности. На Эльгинском месторождении для организации простой и/или сложной селекции имеется ряд предпосылок. Существуют устойчивые различия между средней пластовой зольностью угля и зольностью без учёта прослоев разной мощности, связанных с прослоями, отнесенными к составляющим A^d_2 и A^d_3 . Так, разница средних значений может достигать по ряду пластов, как минимум, 7,9...12,4 % без учета прослоев менее 0,05 м. Даже в относительно простых по строению пластах при средних значениях составляющей A^d_2 на уровне 3,5...5,6 % сумма A^d_2 и A^d_3 может превышать 10 %.

При оценке перспектив применения селекции следует учитывать и структуру мощностей породных прослоев в пластах вместе с характером их распределения по мощности и площади. Анализ показывает, что в среднем на 1 м мощности приходится 0,3 (пласты H_{16} и Y_5)...1,1 (пласт H_{15}) прослоев при их среднем количестве на пластопересечение, равном 3,0...3,4 и 5,0. В пластах нерюнгринской свиты на долю пропластков мощностью до 0,1 м приходится более 50 % от их количества. В пластах ундытканской свиты более 30 % пропластков имеют мощности > 0,2 м. В такой ситуации можно говорить о принципиальной возможности управления зольностью за счёт извлечения при добыче угля породных и высокозольных прослоев разной мощно-

сти, связанных с составляющими A_2^d и A_3^d . В то же время, учитывая то, что в большом числе случаев эти прослои имеют мощность менее 0,1 м, их самостоятельная эффективная выемка существующими техническими средствами без потери производительности затруднена.

Далее следует дополнительно дифференцировать запасы угля в пластах на более однородные технологические зоны с повышенным или пониженным количеством прослоев для организации простой (площадной), сложной (по мощности) или комбинированной раздельной выемки и формирования, в случае необходимости, самостоятельных или объединенных (комбинированных) угольных потоков.

3. Способ извлечения угля или породных прослоев при разработке пластов малой мощности. Для Эльгинского месторождения при ведении открытых горных работ принято граничное условие в 1 м по мощности пластов для деления запасов на балансовые и забалансовые. Анализ показывает, что за счёт использования современной техники (бульдозеров, гидравлических экскаваторов, комбайнов послыйного фрезерования) возможно дополнительное извлечение угля, в первую очередь, дефицитных и более дорогих на рынке коксуемых марок К, КЖ и Ж, на основе новых схем добычи и первичной переработки угля.

Запатентованный способ (Пат. 2514252) позволяет извлекать часть забалансовых запасов при разработке свиты пологопадающих угольных пластов практически без изменения порядка ведения открытых горных работ и осуществлять выемку породных и высокозольных прослоев. Он отличается тем, что пласт угля может находиться в уступе на любой его высоте, а разработка пород вскрыши ведется горизонтальными слоями после производства буровзрывных работ на всю высоту уступа. При этом смесь из слоя, включающего разрыхленный пласт угля с забалансовыми запасами или высокозольные прослойки, пропускают при погрузке в транспортные средства через устройство для их отделения.

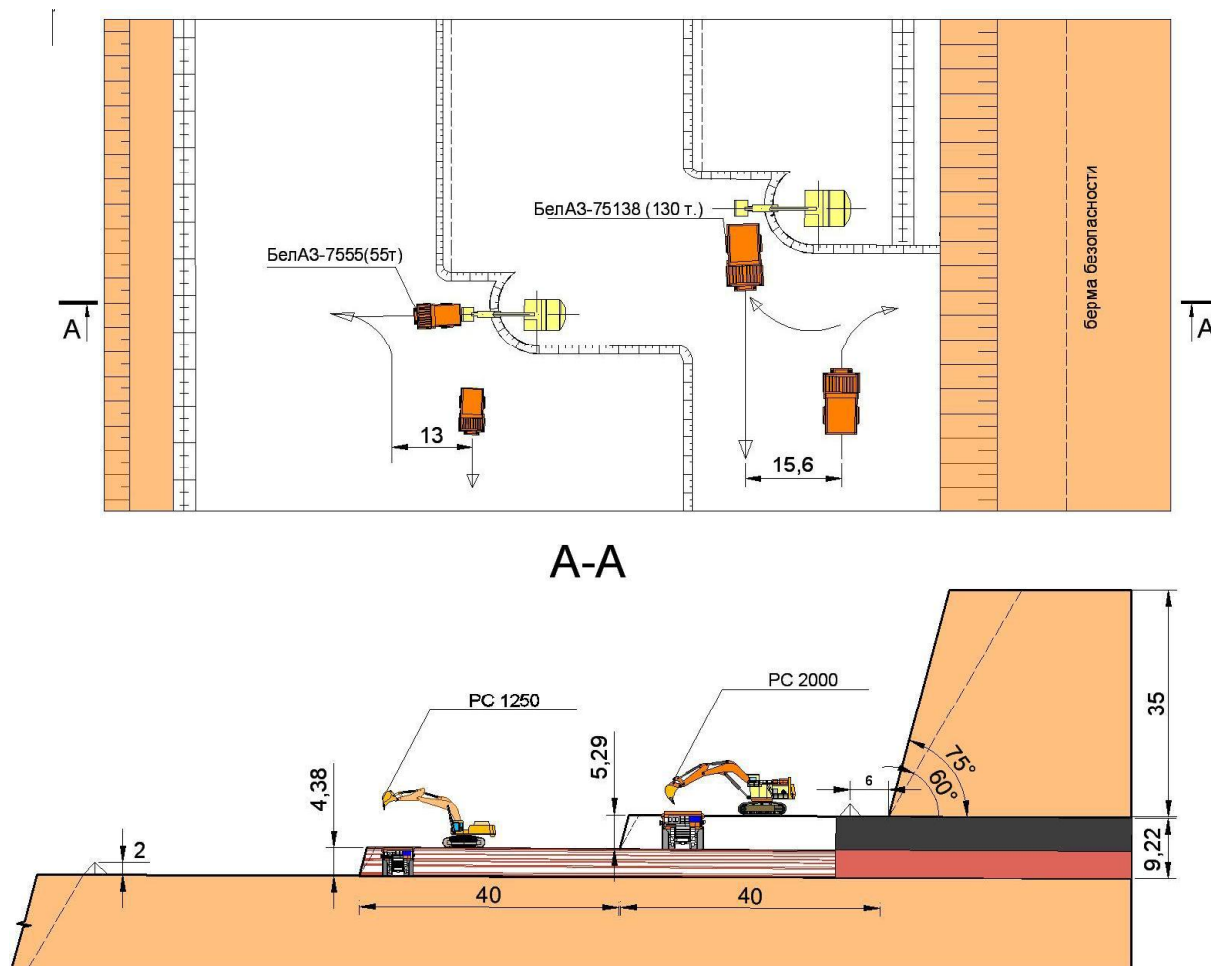
Предложенный способ может быть использован и при рассмотрении вопроса отработки выявленных в процессе горно-геометрического анализа месторождения забалансовых запасов в кондиционных пластах и кондиционных участков в забалансовыми запасами. На практике запасы таких пластов/участков, как правило, теряются в отвалах из-за того, что извлекаются или предполагаются к извлечению валовым способом совместно с вскрышными породами. Также возможно применение способа и при селективной выемке из пластов относительно мощных, например, более 0,2...0,3 м, породных и высокозольных прослоев, связанных с составляющей зольности A_2^d , отработке зон с повышенным количеством тонких прослоев, связанных с A_2^d и A_3^d , или локальных участков повышенной минерализации внутри пластов.

4. Раздельная выемка угольных пачек пластов с разной зольностью. В процессе анализа пространственного распределения породных прослоев внутри пластов определено, что для пласта H_{16} характерна их концентрация в нижней области практически по всей его площади. Для оценки различий по зольности между верхней (включены данные интервального опробования по скважинам от кровли пласта до первого прослойка) и нижней частями пласт разделен по вертикали на две области. Далее выделено пять блоков по большой оси месторождения в направлении с северо-запада на юго-восток. Статистическая обработка показала, что общая зольность «верхней» пачки в целом на 9,4 % (8,3...11,4 % по блокам) меньше, чем в «нижней». Средняя мощность первой области составляет 5,7 м (4,4...6,7 м), второй – 3,5 м (3,0...4,2 м). При этом в нижней области разница между общей зольностью и зольностью без учета пропластков, средняя мощность которых 0,4 м, составляет 5,9 % (5,3...6,8 %).

Руководствуясь полученными данными, рекомендуется отработку как данного пласта, так и других, для которых будут характерны такие же различия, осуществлять с делением на подуступы (для H_{16} на два) по предложенной технологической схеме

(см. рисунок) с формированием самостоятельных угольных потоков разной зольности и обогатимости. Для выемки угля воз-

можно применение техники циклического и непрерывного действия.



Технологическая схема отработки пласта N_{16} двумя подступами
Technological scheme of of seam N_{16} development by two benches

Выполненное изучение георесурса на основе дифференциации зольности на составляющие позволило получить новые данные о её структуре в добываемом угле, учитывающие не только технологическое, но и природное разубоживание. Результаты исследования показали целесообразность корректировки подходов к управлению качеством на основе комплекса обоснованных рекомендаций.

Предполагается продолжить исследование с учётом важных новых результатов [1–3; 5; 8–9] в направлении дальнейше-

го повышения точности, достоверности и определенности геологической информации о закономерностях и взаимосвязях всех минеральных составляющих угольного вещества в пластах и их отдельных участках, которая используется для обоснования более эффективных технологических схем и применяемых организационных механизмов. В частности, это определение рациональных параметров сетей опробования угля в массиве и потоках для повышения уровня сопоставимости результатов разных стадий опробования; совершенствова-

ние методов геостатистической обработки результатов опробования качества угля и корректировка построенных цифровых моделей сложноструктурных месторождений, в том числе на основе создания и актуализации баз данных; выявления связей и

взаимного влияния друг на друга не только зольности и её составляющих, но и других технологических показателей (обогащённость, окисленность, спекаемость, коксующесть и др.).

Список литературы

1. Гриб Н. Н., Кузнецов П. Ю. Оценка изученности показателей качества угля Эльгинского месторождения // Уголь. 2016. № 9. С. 72–77.
2. Егорова Л. А., Митрофанов А. Ф. Имплитные каркасные модели – революция в геологическом моделировании // Рациональное освоение недр. 2016. № 2–3. С. 42–51.
3. Кулак В. Ю., Петрова Т. В. Обоснование направлений поэтапного развития технологии подземной угледобычи на действующих шахтах на основе когнитивного моделирования // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 3. С. 12–21.
4. Лаптев Ю. В., Яковлев А. М. Перспективы управления качеством сырья на Эльгинском месторождении каменного угля // Горн. информ.-аналит. бюл. 2010. № 12. Вып. 4. С. 83–95.
5. Писаренко М. В. Разработка горно-геометрического обеспечения оценки подготовленности угольных месторождений к рациональному промышленному освоению // Проблемы недропользования. 2016. № 2. С. 46–52.
6. Разоренов Ю. И., Белодедов А. А., Шмаленок С. А. Определение потерь и разубоживания при разработке месторождений полезных ископаемых // Горн. информ.-аналит. бюл. 2009. № 9. С. 47–50.
7. Рубинштейн Ю. Б., Свонсон Э., Холужко М. Е. [и др.]. Современное состояние и тенденции развития углеобогащения в мире: обзор // Горн. журн. 2016. № 6. С. 4–55.
8. Секисов Г. В., Якимов А. А. Постановка и исходный состав научной дисциплины «Технологическая минеральная неоднородность» // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2016. Т. 22. № 12. С. 4–12.
9. Сидорова Г. П., Крылов Д. А., Овчаренко Н. В. Радиационная обстановка в районах расположения угольных ТЭС России // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 5. С. 36–44.
10. Фрейдина Е. В., Ботвинник А. А., Дворникова А. Н. Основы классификации углей по потребительским свойствам // Физ.-техн. пробл. разраб. полезн. ископаемых. 2011. № 5. С. 61–74.
11. Щадов М. И., Виноцкий К. Е., Дебердеев И. Х. Оценка роли качества в повышении эффективности энергетического использования углей открытого способа добычи // Уголь. 1997. № 1. С. 57–59.
12. Li Yingde Study on whole process quality control in coal production based on industry engineering / Li Yingde, Wu Yanzhong // Proceedings of 2008 International conference of logistics engineering and supply chain. 2008. pp. 886–890.
13. Méndez A. S. A Discussion on Current Quality-Control Practices in Mineral Exploration. Applications and Experiences of Quality Control / Prof. Ognyan Ivanov (Ed.). pp. 595–610. Available at: <http://www.intechopen.com/books/applications-and-experiences-of-quality-control/a-discussion-on-current-quality-control-practices-in-mineral-exploration> (accessed 21.06.2017).
14. Snowden D. V., Glacken I., Noppe M. Dealing with demands of technical variability and uncertainty along the mine value chain // Publication Series – Australian Institute of Mining and Metallurgy, 2002, no. 8. pp. 93–100.
15. Srivastava R. R., Mohan R. S., Verma S. Quality management of Iron ore and coal by raw material division of Tata Steel. Available at: http://www.eoq.org/fileadmin/user_upload/Documents/Congress_proceedings/Budapest_June_2011/Proceedings/3_7_srivastava_s.pdf (accessed 21.06.2017).

References

1. Grib N. N., Kuznetsov P. Yu. *Ugol* (Coal), 2016, no 9, pp. 72–77.
2. Egorova L. A., Mitrofanov A. F. *Ratsionalnoe osvoenie nedr* (Rational subsoil development), 2016, no 2–3, pp. 42–51.
3. Kulak V. Yu., Petrova T. V. *Vestn. Zab. Gos. Univ.* (Transbaikal State University Journal), 2017, vol. 23, no. 3, pp. 12–21.
4. Laptev Yu. V., Yakovlev A. M. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining informational and analytical bulletin), 2010, no. 12, vol. 4, pp. 83–95.

5. Pisarenko M. V. *Problemy nedropolzovaniya* (Problems of subsurface use), 2016, no. 2, pp. 46–52.
6. Razorenov Yu. I., Belodedov A. A., Shmalenyuk S. A. *Gorny informatsionnoanaliticheskiy byulleten* (Mining informational and analytical bulletin), 2009, no. 9, pp. 47–50.
7. Rubinshtein Yu. B., Svonson E., Kholuzhko M. E. [etc.]. *Gorny Zhurnal* (Mining journal), 2016, no. 6, pp. 4–55.
8. Sekisov G. V., Yakimov A. A. *Vestn. Zab. Gos. Univ.* (Transbaikal State University Journal), 2016, vol. 22, no. 12, pp. 4–12.
9. Sidorova G. P., Krylov D. A., Ovcharenko N. V. *Vestn. Zab. Gos. Univ.* (Transbaikal State University Journal), 2017, vol. 23, no. 5, pp. 36–44.
10. Freidina E. V., Botvinnik A. A., Dvornikova A. N. *Fizikotekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh* (Physical and technical problems of mineral development), 2011, no. 5, pp. 61–74.
11. Shehadov M. I., Vinitiskii K. E., Deberdeev I. Kh. *Ugol* (Coal), 1997, no. 1, pp. 57–59.
12. Yingde Li, Yanzhong Wu. *Proceedings of 2008 International conference of logistics engineering and supply chain* (Proceedings of 2008 International conference of logistics engineering and supply chain). 2008, pp. 886–890.
13. Méndez A. S. A Discussion on Current Quality-Control Practices in Mineral Exploration. Applications and Experiences of Quality Control / Prof. Ognyan Ivanov (Ed.). Available at: <http://www.intechopen.com/books/applications-and-experiences-of-quality-control/a-discussion-on-current-quality-control-practices-in-mineral-exploration> (accessed 21.06.2017).
14. Snowden D. V., Glacken I., Noppe M. *Publication Series – Australian Institute of Mining and Metallurgy* (Publication Series – Australian Institute of Mining and Metallurgy), 2002, no. 8, pp. 93–100.
15. Srivastava R. R., Mohan S. R., Verma S. *Quality management of Iron ore and coal by raw material division of Tata Steel* (Quality management of Iron ore and coal by raw material division of Tata Steel) Available at: http://www.eoq.org/fileadmin/user_upload/Documents/Congress_proceedings/Budapest__June_2011/Proceedings/3_7_srivastava_s.pdf (accessed 21.06.2017).

Коротко об авторах

Хоютанов Евгений Александрович, мл. научный сотрудник, лаборатория проблем рационального освоения минерально-сырьевых ресурсов, институт горного дела Севера им. Н. В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, Россия. Область научных интересов: управление качеством минерального сырья, геотехнология, геoinформационное моделирование и оценка месторождений
khoiutanov@igds.yasn.ru

Батугин Сергей Андриянович, д-р техн. наук, профессор, гл. научный сотрудник, лаборатория проблем рационального освоения минерально-сырьевых ресурсов, институт горного дела Севера им. Н. В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, Россия. Область научных интересов: комплексное освоение месторождений полезных ископаемых, теория опробования и оценки минерально-сырьевых ресурсов, математическое моделирование, геотехнология
batuginan@mail.ru

Гаврилов Владимир Леонидович, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория проблем рационального освоения минерально-сырьевых ресурсов, институт горного дела Севера им. Н. В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, Россия. Область научных интересов: управление качеством минерального сырья, геотехнология, проектирование горно-технических систем, оценка месторождений твердых полезных ископаемых, геoinформатика
gvlugorsk@mail.ru

Briefly about the authors

Evgeny Khoiutanov, researcher, Chersky Institute of Mining of the North, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia. Sphere of scientific interests: quality management of mineral resources, geotechnology, geoinformation simulation and estimation of deposits

Sergei Batugin, doctor of technical sciences, professor, chief researcher, Chersky Institute of Mining of the North, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia. Sphere of scientific interests: complex development of mineral deposits, theory of sampling and estimation of mineral resources, mathematical modelling, geotechnology

Vladimir Gavrilov, candidate of technical sciences, leading researcher, Chersky Institute of Mining of the North, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia. Sphere of scientific interests: quality management of mineral resources, geotechnology, mining technology design of mining systems, estimation of solid minerals deposits, geoinformatics

Образец цитирования

Хоютанов Е. А., Батугин С. А., Гаврилов В. Л. Резервы управления природными и технологическими составляющими зольности угля сложноструктурных месторождений // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 8. С. 83–90. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-8-83-90.

Khoyutanov E., Batugin S., Gavrilov V. Reserves for the management of natural and technological components of coal ash of complex-structure deposits // Transbaikal State University Journal, 2017, vol. 23, no. 8, pp. 83–90. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-8-83-90.

Дата поступления статьи: 17.07.2017 г.
Дата опубликования статьи: 31.08.2017 г.

