

**Ю.М. Овешников, Ю.В. Субботин,
П.Б. Авдеев, А.Г. Самойленко**

УСРЕДНЕНИЕ КАЧЕСТВА БУРОГО УГЛЯ НА ХАРАНОРСКОМ БУРОУГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Представлены результаты исследований деятельности Харанорского угольного разреза, в частности: выполнен анализ качественных характеристик угля и динамики производства добычных работ, исследована и рекомендована к внедрению технология проходки разрезной траншеи по углю глубиной до 32 м основным добычным оборудованием в комплексе с перегружателем. Предложены технические мероприятия по усреднению качества угля непосредственно в забое экскаватора, что позволяет повысить экономическую эффективность открытой разработки Харанорского месторождения на 30%.

Ключевые слова: угольный разрез, бурый уголь, усреднение качества угля, зольность и влажность угля, роторный экскаватор, перегружатель.

Важнейшей составляющей топливной базы Российской Федерации являются бурые угли, на долю которых приходится 103,11 млрд т или 51,4% общих разведанных запасов углей в стране. Потребность в буроугольном топливе ежегодно возрастает. Согласно «Энергетической стратегии России на период до 2020 г.» в ближайшее десятилетие спрос на бурые угли со стороны тепло- и электроэнергетики увеличится в 1,5...2 раза, что в среднем составит 60–75 млн т/год. Поэтому к 2020 г. объемы добычи бурого угля планируется довести до 105–142 млн т/год [4, 6, 9].

В Забайкальском крае, где твердое ископаемое топливо является основным энергоносителем, разработка месторождений угля осуществляется пятью крупными и пятью малыми разрезами. При этом, несмотря на то, что разведанные запасы угля в Забайкалье составляют лишь 1,2% общероссийских, по добыче Забайкальский край стоит на четвертом месте среди угленос-

ных регионов России. Например, суммарные объемы добычи угля в 2013 г. составили 21,7 млн т [3].

Наиболее важным и перспективным для промышленного освоения является крупнейшее в Забайкалье Харанорское месторождение бурых углей. Это – основная эксплуатируемая топливно-энергетическая база Забайкальского края, т.к. запасы бурого угля здесь составляют 1 105 915 тыс. т или 25% от общих разведанных запасов угля в крае. В настоящее время месторождение разрабатывается открытым способом силами ОАО «Разрез Харанорский» Сибирской угольной энергетической компании «СУЭК» (рис. 1).

В ближайшее десятилетие на «Основном» участке карьерного поля № 2 будут обрабатываться три угольных пласта (сверху вниз): Новый II, Новый 1б и Новый 1а. На карьерном поле № 3 два угольных пласта – Новый 1б и Новый 1а. Принятые к выемке пласты, как правило, сложного строения со значительным содержанием породных прослоек. Для выполнения добычных работ на разрезе применяются роторные экскаваторы марки ЭР-1250 ОЦ и ЭРП-1600 (рис. 2) теоретическая производительность которых соответственно равна 1250 м³/час и 1600 м³/час. Погрузка угля в основном производится в вагоны МПС непосредственно в забое.

В результате работы роторных экскаваторов на Харанорском буро-угольном разрезе за смену добывается до 13 тыс. т угля, а годовая производительность достигает 9,5 млн т [3, 5, 6].

Добываемые угли разреза Харанорский отнесены к марке Б, группе 2Б, подгруппе 2БВ – второй бурый витринитовый [1, 2, 4].

При определении марки харанорских углей по ГОСТ 25543-88 впервые были установлены содержания отошающих (фюз-



Рис. 1. Погрузка вскрышных пород в автомобильный транспорт



Рис. 2. Открытая разработка Харанорского месторождения бурых углей

низированных) компонентов, характеризующие петрографический состав, и отражательная способность витринита в иммерсионном свете (R_0), устанавливающая степень метаморфизма. Основные физические и химико-технологические параметры харанорских углей достаточно полно изучены. Они мало- и среднезольные, малосернистые. Зола их среднеплавкая. Харанорские угли, как и все угли группы 2Б, на воздухе быстро теряют влагу, растрескиваются и рассыпаются с образованием большого количества мелочи, склонны к окислению и самовозгоранию.

По качественным показателям харанорские бурые угли являются хорошим энергетическим топливом. Они используются на сжигании в топках электростанций и небольших котельных установках для парового отопления, а также на бытовые нужды. Наиболее эффективным является сжигание угля в пылевидном состоянии.

По природе исходного строительного материала угли являются гумусовыми и по внешнему облику довольно однообразны. Выделяются две группы: а) матовые; б) полуматовые. Преобладающими являются матовые угли. Засбросовая часть Карьерного поля № 1 включает в себя в основном пласт Новый 1а, незначительная доля приходится на угли пласта Нижний 3.

Средние результаты технического и элементарного анализов угля пласта Новый 1а приведены в табл. 1.

Температура плавления золы определялась по пробам угля с действительной средней зольностью 15% и составила $t_a = 1200$ °С, $t_b = 1230-1250$ °С и $t_c = 1350$ °С. Средняя калорийность горючей массы угля по пласту составляет: максимальная теплота сгорания 6653 ккал/кг и минимальная— 3069 ккал/кг.

Таблица 1

Показатели средних результатов технического и элементарного анализов угля пласта Новый 1а

Наименование пласта	Марка угля	Технический анализ, %						Элементарный анализ, %				
		w^a	w_t^r	w_{\max}	A^d	b^{daf}	Q_s^{daf}	C_o^{daf}	H_o^{daf}	N^{daf}	O^{daf}	S_t^d
Новый 1а	Б-2	13,1	39,2	—	14,9	47,0	6653	72,35	4,8	1,15	21,7	0,39

Уголь месторождения характеризуется как малосернистый.

Среднее содержание общей аналитической серы в угле по пласту составляет 0,39%. Анализ серы по типам показал, что основную часть содержания этого элемента составляет сера органическая и пиритная.

Харанорский уголь прошел испытания в «Кемеровском центре экспертизы угля» и в «Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека» на получение сертификата соответствия на санитарно-эпидемиологическое заключение [4].

Добываемые бурые угли поставляются на тепло- и электростанции Читаэнерго, Амурэнерго, Хабаровскэнерго, Дальэнерго и используются в коммунально-бытовом секторе. Однако, сжигание топлива нестабильного качества приводит к загрязнению окружающей среды и применению штрафных санкций к потребителям угля, поэтому одним из важнейших требований для потребителей является стабильность качества угля.

Требования к качеству угля выражаются в виде государственных стандартов (ГОСТ), технических условий (ТУ) и технических норм.

Основными показателями качества углей являются: зольность, влажность, размер кусков (сортность), содержание серы, выход летучих веществ, теплота сгорания, содержание минеральных примесей.

Качественные характеристики харанорского угля варьируют в широком диапазоне, поэтому изучение свойств, состава, потребительской ценности бурых углей, контроль и управление их качеством в режиме усреднения с учетом технологических возможностей, а также технических и договорных требований к качеству является актуальной задачей повышения эффективности открытой разработки Харанорского бурого угольного месторождения.

Необходимость проведения дополнительных исследований качественных характеристик харанорского угля обусловлена



Рис. 3. Схема расположения разведочных скважин на Харанорском месторождении бурых углей

также и сложностью строения пласта Забросовой части карьерного поля № 1. Залегающий здесь пласт Новый 1а содержит до 10 породных прослоек мощностью от 0,1 до 3,6 м. Для изучения качественных характеристик угля на данном участке Черемховской ГРП проведено контрольное бурение разведочных скважин. Пробурено 36 скважин на участке площадью $4 \times 10^6 \text{ м}^2$ по сетке $250 \times 250 \text{ м}$, глубиной от 34 м до 130 м (рис. 3).

При статистической обработке результатов использованы данные по 33 скважинам, по трем скважинам (18, 31, 45) данные отсутствуют. Анализ выполнен по 6 выборкам — три выборки

Таблица 2

Выборки скважин для статистического анализа зольности и влажности по данным Черемховской ГРП

Направление скважин в пространстве	Номера скважин в выборках		
	1 выборка	2 выборка	3 выборка
По падению пласта (по направлению отработки)	15, 16, 21,	13, 14, 19,	11, 12, 17,
	22, 27, 28,	20, 25, 26,	23, 24,
	33, 34, 39,	32, 37,	29, 30, 35,
	40, 46	38, 43, 44	36, 41, 42
По протиранию пласта с севера на юг	11, 12, 13,	23, 24, 25,	35, 36, 37,
	14, 15, 16,	26, 27, 28,	38, 39, 40,
	17, 19,	29, 30,	41, 42, 43,
	20, 21, 22	32, 33, 34	44, 46

сгруппировали скважины по падению пласта, т.е. в направлении подвигания фронта работ, и три выборки по простиранию пласта с севера на юг, т.е. вдоль фронта работ (рис. 2, табл. 2).

Статистический анализ (выполненный на ПЭВМ в программе Microsoft Office Excel) показывает, что значения зольности колеблются в весьма широком диапазоне: от 6,4% (скв. 22) до 55,6% (скв. 41).

Наблюдается повышение среднего значения зольности (A^d , %) по падению пласта (рис. 4, а).

На начальном этапе разработки средняя величина зольности угля составляет 17,3% (колебания зольности в скважинах выборки 1 – 6,4...28,1%). В центральной группе – 25,3% (колебания в скважинах выборки 2 составляют 8,0...36,2%). В контурных скважинах – 35,1% (колебания в скважинах выборки 3 составляют 18,0...55,6%).

По простиранию средняя величина зольности угольного пласта (A^d , %) увеличивается с севера на юг (рис. 4, б):

- в северной группе скважин (выборка 1) средняя величина зольности угля составляет 15,5% (колебания 6,4...50,0%);
- в центральной группе (выборка 2) – 24% (колебания 12,0...41,3%);
- в южной группе (выборка 3) – 35,8% (колебания 16,0...55,6%).

Влажность угля (W , %) колеблется в меньшей степени – от 20,6% (скв. 26) до 50,3% (скв. 35), составляя в среднем 38,3%, при этом 50% значений находятся в диапазоне от 37,6 до 40,1% (рис. 5).

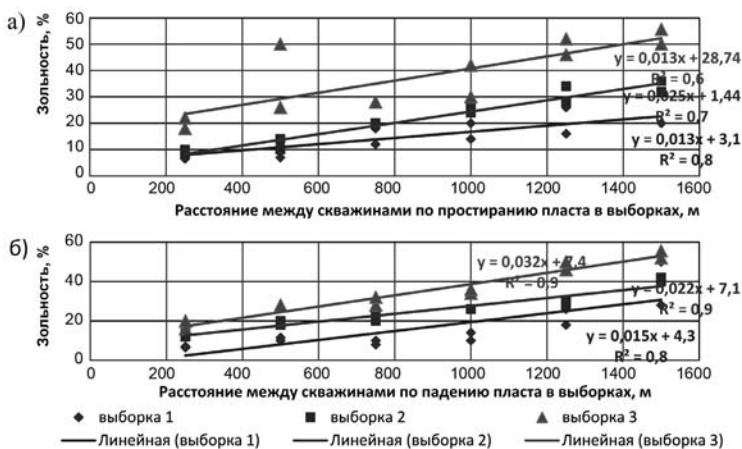


Рис. 4. Изменение зольности угля: а) по падению пласта; б) по простиранию пласта

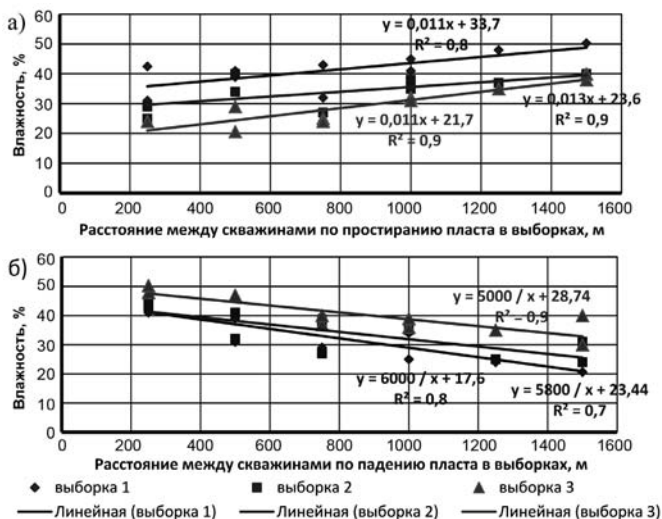


Рис. 5. Изменение влажности угля: а) по падению пласта; б) по простиранию пласта

Доверительный интервал для среднего (с надежностью 95%) находится в пределах 34,7–40,5% для северной группы скважин и в пределах 35,8–42,1% для южной группы скважин. Наблюдается некоторое уменьшение влажности по падению пласта (рис. 5, а): 1-я выборка – 41,3% (от 31 до 50%), 2-я выборка – 36,6% (от 24 до 40%), 3-я выборка – 30,2% (от 20 до 39%).

Незначительное повышение влажности угля наблюдается в направлении с севера на юг по простиранию пласта (северная группа – 30,48%, в центре – 32,94%, южная – 39,48%) (рис. 5, б).

Полученные зависимости позволяют прогнозировать качество добываемого угля в забое каждого экскаватора. В связи с этим при многозабойной разработке угольного пласта запланированный режим работы экскаваторов, а, соответственно, и их производительность обеспечивают стабилизацию качества товарного угля за счет его усреднения в транспортном потоке.

Оперативное управление технологическим процессом добычи угля из разных забоев на основе выявленных закономерностей изменения зольности и влажности угля, как по простиранию, так и по падению пласта, обеспечило стабилизацию качества отгруженного угля по Засбросовой части ОАО «Разрез Харанрский» в 2014 г. Величина зольности ($A_{cp} = 18,2...19\%$) и влажности ($W_{cp} = 38,3...39,6\%$) угля в транспортных потоках не выходила за рамки плановых значений соответственно: $A_{пл} = 18,2\%$, $W_{пл} = 39,6\%$.

Для стабилизации качества добываемого угля в зоне расщепления пласта Новый 1а исследована и рекомендована к внедрению технология выемки угля роторными экскаваторами в комплексе с перегружателем П-1600, позволяющая производить селективную добычу и усреднение качества угля непосредственно в забое экскаватора. При этом порода из прослоек может непосредственно переваливаться в выработанное пространство и в последствии переэкскавироваться драглайнами при вскрытии пласта 1 [5].

Технологические схемы применения перегружателей в комплексе с роторными экскаваторами на участке № 3 разработаны с учетом следующих специфических условий:

- большая мощность основного угольного пласта, местами достигающая 40–45 м;
- залегание пластов угля под углами 5–9°, а местами и более;
- наличие породных прослоек от 0,1 до 3,6 м.

Применение перегружателя позволяет:

- обрабатывать роторными экскаваторами пласт мощностью до 42 м на два транспортных горизонта;
- производить погрузку угля на вышележащий горизонт при нарезке новых заходок с учетом пологого залегания угольного пласта;
- выполнять погрузку угля на участках западения пласта;
- выполнять селективную выемку угля и породных прослоек с перевалкой породы в выработанное пространство.
- проходить основным добычным оборудованием — роторным экскаватором разрезные траншеи по углю глубиной до 32 м.

Порядок ведения работ при проведении разрезной траншеи показан на рис. 3. Первоначально тупиковым забоем проходит траншея глубиной до 8–9,5 м и шириной по низу 30 м с погрузкой в ж/д транспорт, размещаемый на верхней площадке. Затем рельсовые пути переносятся на дно траншеи и траншея расширяется до 52 м по низу.

После этого пути передвигаются в сторону борта траншеи на 15–20 м и производится углубление траншеи до 16–19 м. При этом первоначально проходится тупиковым ходом траншея второго слоя шириной 30 м с верхней погрузкой угля, а затем пути переносятся на дно этой траншеи, и при новом положении путей без их переукладки производится отработка последовательно двух заходок шириной 26 и 14 м; при этом конечная ширина траншеи глубиной 16 м по низу достигает 80 м.

Далее проходится заходка шириной 25–26 м по всей глубине траншеи 16 м, после чего аналогично изложенному выше про-

изводится углубление траншеи с начало до 24 м, а затем и до 32 м. Окончательное положение соответствует началу нормальной эксплуатации добычных роторных экскаваторов при отрабатываемой мощности пласта 32 м, и ширине заходки 25–26 м и ширине рабочей площадки не менее 46 м [5].

По фактическим данным опробования по трем добычным забоям на участках разреза (экскаваторы № 87, 75 и 83) выполнен углубленный статистический анализ. Вначале получены сводные статистические данные за каждый месяц, после чего среднемесячные (в отдельных случаях средние за 15–20 дней) значения использованы для статистического анализа данных за полугодия и за год в целом. Всего использовано 248 значений зольности и 239 значений влажности.

Зольность угля на участке колебалась от 7,3% (15 марта) до 58,9% (15 июня), т.е. практически в тех пределах, что и по данным Черемховской ГРП.

При этом минимальные значения (за периоды 15–30 дней) колебались в пределах от 7,3% (март) до 18,1% (первая половина мая), а максимальные значения – от 25,3% (декабрь) до 58,9% (первая половина июня).

Среднемесячные значения зольности колебались не столь значительно – от 18,1% в марте до 27,2% в июне.

Среднее значение зольности за первое полугодие равно 23,61% или на 0,9% больше, что подтверждает тенденцию увеличения зольности в направлении фронта добычных работ.

Влажность угля на участке колебалась от 25,5% (15 марта) до 42,0% (15 мая), т.е. в более узком диапазоне, чем по данным Черемховской ГРП. Минимальные значения (за периоды 15–30 дней) колебались в пределах от 25,5% (март) до 37,2% (вторая половина февраля), а максимальные значения – от 39,0 (первая половина января и в ноябре) до 42,0% (вторая половина мая). Среднемесячные значения влажности колебались очень незначительно от 36,6% в марте до 38,5% в ноябре. Среднее – от 36,6% в марте до 38,5% в ноябре.

Среднее значение влажности за первое полугодие составило 37,7%, за второе полугодие – 37,88%, в целом за 2012 г. – 37,78%. Влажность угля на участке была немного меньше средней влажности по разрезу в целом на 0,67–0,95% (с доверительной вероятностью 99,9%).

На основании выполненных исследований выявлены закономерности изменения зольности и влажности угля Харанорского месторождения как по простиранию так и по падению

пласта, обеспечивающие оперативное многозабойное управление технологическим процессом добычи и стабилизацию качества угля в транспортных потоках, а также установлено, что применение в комплексе с добычными роторными экскаваторами забойных перегружателей позволяет дополнительно отрабатывать уголь в местах повышенной мощности и «западений» пластов под углом, не допускающим укладку рельсовых путей на почву пласта и производить погрузку угля в вагоны МПС на два рабочих горизонта, обеспечивая тем самым оперативное усреднение угля в экскаваторных забоях за счет его эффективно-

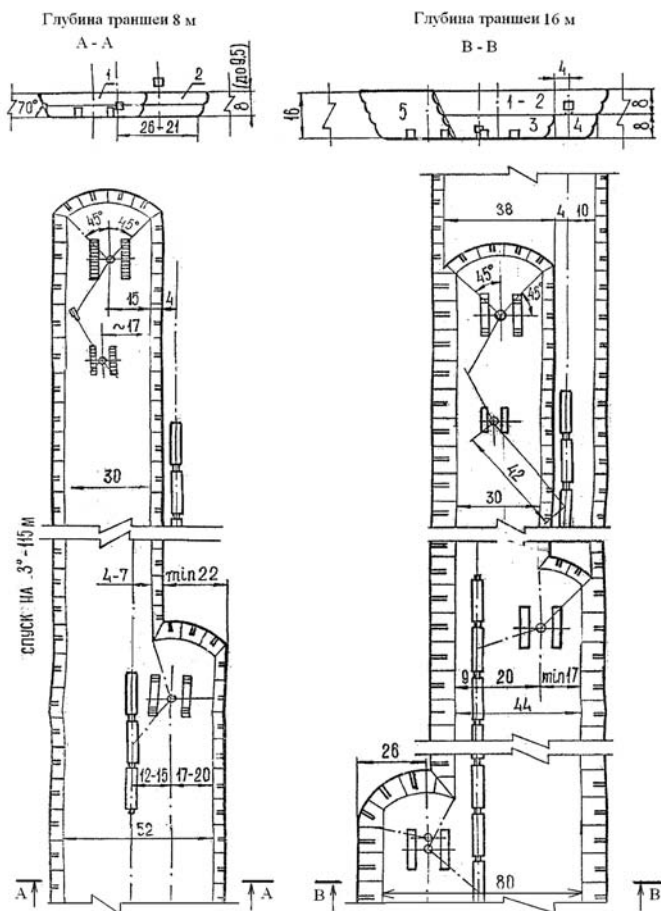


Рис. 6. Схема проведения разрезной траншеи глубиной 8 и 16 м с использованием перегружателя П-1600

го перемешивания, проходить основным добычным оборудованием – роторным экскаватором ЭР-1250 разрезные траншеи глубиной до 32 м, а также оперативно осуществлять перевалку пород междупластия в выработанное пространство.

Установлено, что фактическая работа добычных экскаваторов меньше оптимальной на 42,9%, но за счет управления качеством угля в режиме усреднения имеется возможность повысить экономическую эффективность открытой разработки Харанорского месторождения на 30%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мисевра О. А., Шадов М. И. Угольно-энергетический баланс Восточной Сибири и Дальнего Востока. – М.: МГГУ, 2003. – 472 с.
2. Наркелюн Л. Ф., Офицеров В. Ф. Комплексное использование ископаемых углей. – Чита: ЧитГТУ, 2000. – 271 с.
3. Овешников Ю. М., Субботин Ю. В., Самойленко А. Г. Состояние, проблемы и перспективы разработки Харанорского месторождения бурых углей / Кулагинские чтения: XII Международная научно-практическая конференция. Ч. VI. – Чита: ЗабГУ, 2012. – С. 75–77.
4. Скурский М. Д. Недра Забайкалья. – Чита: РАЕН, 1996. – 695 с.
5. Субботин Ю. В., Овешников Ю. М., Циношкин Г. М., Самойленко А. Г. Управление качеством бурых углей Харанорского месторождения // Горный информационно аналитический бюллетень. – 2012. – № 4. – С. 64–72.
6. Субботин Ю. В., Овешников Ю. М., Циношкин Г. М. Технологические методы совершенствования работы Харанорского разреза в 2001–2013 гг. // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2014. – № 12 (115). – С. 40–50.
7. Томаков П. И., Манкевич В. В. Открытая разработка угольных и рудных месторождений. – М.: МГГУ, 2000. – 612 с.
8. Шадов М. И. Угольная промышленность на пороге XXI века: проблемы и возможности устойчивого развития // Горный журнал. – 1998. – № 11,12. – С. 3–8.
9. Энергетическая стратегия России до 2020 года: утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 августа 2003 года № 1234-р. – М., 2003. – 103 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Овешников Юрий Михайлович*¹ – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, e-mail: ogr_chitgu@mail.ru,

*Субботин Юрий Викторович*¹ – доктор технических наук, профессор, e-mail: ogr_chitgu@mail.ru,

*Авдеев Павел Борисович*¹ – доктор технических наук, профессор, декан горного факультета, e-mail: ogr_chitgu@mail.ru,

*Самойленко Алексей Геннадьевич*¹ – зам. исполнительного директора, ОАО «Разрез Харанорский» СУЭК, e-mail: ogr_chitgu@mail.ru,

¹ Забайкальский государственный университет.

**Yu.M. Oveshnikov, Yu.V. Subbotin, P.B. Avdeev,
A.G. Samoylenko**

AVERAGING OF QUALITY OF BROWN COAL ON THE KHARANORSKY BROWN-COAL DEPOSIT

The article considers the results of researches of Kharanorsky opencast colliery's activity, in particular: it is made the analysis of qualitative characteristics of coal and dynamics of production of mining works, it is investigated and recommended for introduction the technology of a cutting of a working trench on coal up to 32 meters in depth by the capital mining equipment in a complex with a loader. There are offer the technical actions for averaging of quality of coal directly in an excavator face that allows to increase economic efficiency of open-cast mining of the Kharanorsky deposit for 30%.

Key words: coal deposit, brown coal, averaging of quality of coal, ash-content and humidity of coal, wheel excavator, loader.

AUTHORS

*Oveshnikov Yu.M.*¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair,
e-mail: ogr_chitgu@mail.ru,

*Subbotin Yu.V.*¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: ogr_chitgu@mail.ru,

*Avdeev B.A.*¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of Mining Faculty,
e-mail: chita-apb@yandex.ru

Samoylenko A.G., Deputy Executive Director of «Kharanorsky opencast colliery»
Siberian Coal Energy Company, 672000, Chita, Russia, e-mail: ogr_chitgu@mail.ru,

¹ Transbaikal State University, 672039, Chita, Russia.

REFERENCES

1. Misevra O.A., Shchadov M.I. *Ugol'no-energeticheskiy balans Vostochnoy Sibiri i Dal'nego Vostoka* (Coal and energy balance in Eastern Siberia and Russia's Far East), Moscow, MGGU, 2003, 472 p.

2. Narkelyun L. F., Ofitserov V. F. *Kompleksnoe ispol'zovanie iskopaemykh ugley* (Integrated use of fossil coal), Chita, ChitGTU, 2000, 271 p.

3. Oveshnikov Yu. M., Subbotin Yu. V., Samoylenko A. G. *Kulaginskie chteniya: XII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. Ch. VI. (Kulagin's Lectures: 12th International Scientific–Practical Conference Proceedings, part VI), Chita, ZabGU, 2012, pp. 75–77.

4. Skurskiy M. D. *Nedra Zabaykal'ya* (Transbaikalia's mineral wealth), Chita, RAEN, 1996, 695 p.

5. *Subbotin Yu. V., Oveshnikov Yu. M., Tsinoshkin G. M., Samoylenko A. G.* Gornyy informatsionno analiticheskiy byulleten'. 2012, no 4, pp. 64–72.

6. Subbotin Yu. V., Oveshnikov Yu. M., Tsinoshkin G. M. *Vestnik Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta*. 2014, no 12 (115), pp. 40–50.

7. Tomakov P. I., Mankevich V. V. *Otkrytaya razrabotka ugol'nykh i rudnykh mestorozhdeniy* (Open pit coal and ore mining), Moscow, MGGU, 2000, 612 p.

8. Shchadov M. I. *Gornyy zhurnal*. 1998, no 11,12, pp. 3–8.

9. *Energeticheskaya strategiya Rossii do 2020 goda*: utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 28 avgusta 2003 goda № 1234-r (Energy strategy of Russia for the period up to 2020: Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation from August 28, 2003 no 1234-p), Moscow, 2003, 103 p.