



УДК 622.788

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КАЧЕСТВА УГОЛЬНЫХ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

Т.Н.АЛЕКСАНДРОВА¹, А.В.РАССКАЗОВА²¹Санкт-Петербургский горный университет, Россия²Институт горного дела ДВО РАН, Россия

В работе охарактеризована роль угля в топливно-энергетическом балансе Дальневосточного региона и выделена проблема потерь мелочи в процессах угледобычи, транспортирования и переработки. Решение проблемы потерь угольной мелочи достигается сортировкой добываемых углей по классам крупности и получением топливных брикетов из угольной мелочи. Кратко изложены физические основы брикетирования твердых горючих ископаемых. Исследованы зависимости изменения предела прочности на сжатие топливного брикета от влажности шихты и давления брикетирования. Установлены оптимальные параметры брикетирования угольной мелочи. Приведена принципиальная технологическая схема процесса производства брикетов.

Разработанные технологические решения включают сортировку рядового угля и брикетирование угольной мелочи с вовлечением в переработку техногенных углеродсодержащих отходов гидролизного производства, а также остаточных продуктов нефтепереработки.

Ключевые слова: брикетирование, уголь, наполнитель, связующее, технологическая схема.

Как цитировать эту статью: Александрова Т.Н. Исследование зависимости качества угольных топливных брикетов от технологических параметров их производства / Т.Н.Александрова, А.В.Рассказова // Записки Горного института. 2016. Т.220. С.573-577. DOI 10.18454/PMI.2016.4.573

Роль угля в топливно-энергетическом балансе Дальневосточного региона. В структуре установленной мощности энергетики Дальневосточного федерального округа 30 % занимает гидрогенерация, остальное приходится на тепловые электростанции (ТЭС). В свою очередь доля угля в топливном балансе ТЭС составляет 72 %. Основная масса добываемых углей сжиается в топках без какой-либо предварительной обработки, что приводит к огромным потерям. Особенно эти потери велики, если уголь содержит много мелочи и пыли. Механизация нарезных и очистных работ, операций навалки и транспортирования угля приводит к быстрому возрастанию мелочи в добывтом угле. Содержание мелочи в настоящее время достигает 60 %. Потребители не могут производительно работать на мелком угле. Нужно учесть и тот факт, что за счет окисления, самовозгорания и распыла при хранении мелкого угля на складах гибнет 5-7 % топлива. Повышение комплексности использования угольных ресурсов Дальневосточного региона РФ может быть достигнуто сортировкой добываемых углей по классам крупности и получением топливных брикетов из угольной мелочи.

Во многих современных исследованиях в области брикетирования проявляется интерес к разработке состава топливного брикета на основе угля с добавками углеродсодержащих материалов, в том числе отходов деревообрабатывающей и угольной промышленности [5-7, 16, 18, 19].

Анализ патентной информации подтверждает высокий интерес к вопросу брикетирования твердых горючих ископаемых, особенно актуален поиск новых связующих [8, 10-13].

Исследование зависимостей качественных характеристик топливных брикетов от параметров брикетирования твердого горючего ископаемого (ТГИ) позволяет получать продукт с заданными технологическими характеристиками [2, 3].

В данной работе исследовано изменение предела прочности на сжатие топливного брикета при варьировании влажности шихты и давления прессования.

Объект исследования – топливные брикеты, изготовленные на основе углей одного из месторождений Средне-Амурского бассейна. Цель исследования – обоснование технологических решений, обеспечивающих повышение качества буроугольного сырья Дальневосточного региона РФ и вовлечение в переработку техногенных углеродсодержащих отходов.

Методика исследования. При проведении исследований реализовывались следующие методы и подходы: технологический анализ – прямое объемное определение содержания влаги (ГОСТ 27314-91); зольность твердого топлива (ГОСТ 11022-95), определение общей серы в угле (ГОСТ 8606-93; ГОСТ 6382-2001) регламентирует выход летучих веществ в углях и отходах их обогащения; азот органического вещества (ГОСТ 28743-93); теплотворная способность топлива в калориметре типа Берталло для твердого топлива (ГОСТ 147-95). Содержание органического углерода исследовалось с применением анализатора TOC-V (Shimadzy).



Физические основы брикетирования твердых горючих ископаемых. Целесообразность брикетирования угольной мелочи обусловлена его тонкодисперсным состоянием и сложностью транспортировки, невозможностью сжигания в стандартных колосниковых топках. КПД использования тепла термобрикетов составляет 75 % по сравнению с 46,7 % для рядового угля, содержащего мелочь [15]. Одна из важных характеристик качества топливных брикетов (и в целом технологического процесса брикетирования) – показатель их механической прочности. Атмосфераустойчивость и водостойкость топливных брикетов оценивается остаточной механической прочностью.

Образование брикета со связующим происходит в результате сцепления частиц угля со связующим веществом. Процесс брикетирования состоит из трех стадий:

- адсорбции связующего вещества брикетируемым материалом и образования на поверхности частиц тонкой пленки связующего;
- прессования шихты;
- затвердевания брикета при охлаждении.

Под влиянием процессов, протекающих на границе контакта связующего с поверхностью адсорбента, происходит формирование структурирующих слоев вокруг зернистого углесодержащего компонента, определяющих прочностные и другие технические характеристики топливных брикетов. При формировании структуры и прочности брикета важную роль играет толщина адсорбционного слоя и когезия связующего в тонких слоях [4]. При оптимальной толщине пленочного слоя имеют место максимальное проявление капиллярных сил и усиление адгезионного взаимодействия между частицами и связующим. Механизм образования прочных брикетов основывается на теоретических положениях физико-химической механики дисперсных систем [17].

С уменьшением крупности частиц прочность сцепления их в брикете возрастает. При избытке в угле влаги затрудняется прилипание связующего к поверхности частиц и прочность брикетов снижается. При очень сухом угле смачиваемость поверхности частиц связующим ухудшается и его расход увеличивается. Оптимальная влажность, соответствующая наименьшему расходу связующего, определяется опытным путем. Для бурых углей этот показатель достигает 20 %.

Типовая технологическая схема брикетирования угольной мелочи со связующими веществами состоит из процессов измельчения угля, сушки его до определенной влажности, смешения со связующими веществами, нагрева угольной шихты, прессования и охлаждения.

Технологические характеристики компонентов топливного брикета. Установленные технологические показатели углей Ушумунского месторождения приведены в табл.1.

Таблица 1
Технологические характеристики углей Ушумунского месторождения

Пробы	W^a , %	V^a , %	A^a , %	$S_{общ}$, %	N , %	Q_s^a , МДж/кг
Пласт 1, 1-я точка отбора, проба 1	29,61	27,62	16,99	0,41	0,35	24,25
Пласт 1, 1-я точка отбора, проба 2	26,02	26,63	19,92	0,66	0,25	22,49
Пласт 1, 1-я точка отбора, проба 3	35,78	25,59	8,37	0,42	0,43	25,13
Пласт 1, 2-я точка отбора	25,74	26,14	25,75	0,26	0,57	22,28
Пласт 1, 3-я точка отбора	21,25	22,1	35,26	0,23	0,15	20,81
Пласт 2	22,25	35,93	11,06	0,39	0,65	24,29
Пласт 3	17,78	31,01	24,6	0,35	0,31	22,41
Проба со склада углей, 1	22,01	33,68	11,65	0,31	0,46	24,05
Проба со склада углей, 2	19,74	34,81	12,14	0,32	0,54	23,65
Проба со склада углей, 3	23,09	30,18	10,13	0,39	0,64	24,51
Среднее	24,32	29,37	17,5	0,37	0,43	23,39

Примечание. W^a , V^a , A^a – влажность, выход летучих веществ и зольность на аналитическое состояние, $S_{общ}$, N – содержание серы и азота, Q_s^a – высшая теплота сгорания.

Проведенные методом ситового анализа исследования гранулометрического состава исходных проб угля выявили, что содержание тонкой пыли (-0,2 мм) в среднем составляет 8 % и колеблется в широких пределах: от 3 до 14 % (табл.2), что предопределяет целесообразность использования бурых углей Ушумунского месторождения для изготовления брикетов.

Лигнин (отходы одного из гидролизных заводов Хабаровского края) обладает пористой структурой, что улучшает кинетику сгорания топливного брикета.

Результаты технического анализа лигнина, следующие, %: W^r – 58,7; W^a – 61,8; V^a – 29,5; V^{daf} – 28,8; A^a – 0,65; A^r – 0,7; A^d – 1,7; $S_{общ}$ – 1,1; N – 0,57; Q_s^a – 16,6 МДж/кг.



Таблица 2

Гранулометрический состав исходного Ушумунского угля

Крупность	Содержание класса, %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
+ 3	33,99	60,61	60,07	65	71,97	43	62,30	42,6	63,99	69
-3 + 2	6,51	3,85	3,88	4,27	5,06	6,15	4,22	3,88	5,26	7,2
-2 + 1	18,13	12,47	10,77	9,58	7,96	10,52	13,10	14,37	10,1	6,88
-1 + 0,5	16,2	8,29	9,83	8,33	7,13	16,2	6,29	9,83	8,12	7,13
-0,5 + 0,2	13,08	6,76	8,91	8,38	4,93	12,91	5,22	15,65	7,24	3,15
-0,2 + 0,1	4,12	2,25	3,11	2,19	1,42	4,12	3,10	7,17	2,03	2,34
-0,1 + 0	7,97	5,77	3,43	2,25	1,53	7,1	5,77	6,5	3,26	4,3
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Низкая зольность и высокая теплота сгорания (табл.3) также являются факторами, положительно влияющими на качественные характеристики топливного брикета.

Лигнинохранилища в определенных условиях склонны к самовозгоранию, что свидетельствует о необходимости их переработки.

Изыскание новых, более экономичных и высококачественных связующих материалов – одна из важнейших проблем. Предлагается при изготовлении буровугольных топливных брикетов применять в качестве связующего вещества битум нефтяной марки БНД 90/130, представляющий собой остатки вакуумной ректификации Хабаровского нефтеперерабатывающего завода. В ИГД ДВО РАН разработаны состав для получения топливных брикетов и способ брикетирования [9, 14].

Установление оптимальных параметров брикетирования угольной мелочи. Установлен характер влияния влажности брикетируемой шихты на прочностные характеристики топливных брикетов. В проведенном испытании приняты: давление прессования 160 МПа; состав топливного брикета – уголь 74 %, технический гидролизный лигнин – 11 %, связующее – 15 %. Установленная зависимость между влажностью шихты и прочностью брикета на сжатие представлена на рис.1.

Методом дифференцирования исследуем функцию на точки экстремума и определяем оптимальное значение влажности, равное 4,9 %.

Проведены испытания брикетов на влагостойкость при варьировании содержания связующего от 5 до 25 % (содержание лигнина постоянно $L = 11 \%$). Испытания выявили, что оптимальное содержание связующего в топливном брикете составляет 15-17 %, дальнейшее увеличение доли связующего нецелесообразно по эколого-экономическим соображениям.

Определено влияние давления прессования на прочностные характеристики брикетов. Зависимость прочности брикетов на сжатие RC при содержании связующего компонента 10 и 15 % ($B = 10$ и $B = 15 \%$, количество наполнителя – технического гидролизного лигнина – 11 %) от давления прессования представлена на рис.2.

При исследовании зависимости предела прочности брикетов на сжатие от давления прессования на экстремум для 15 %-ного содержания связующего выявлен максимум

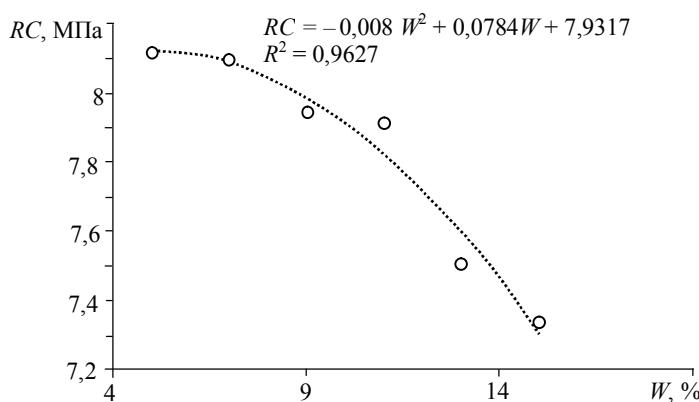


Рис.1. Зависимость прочности брикета на сжатие от влажности шихты

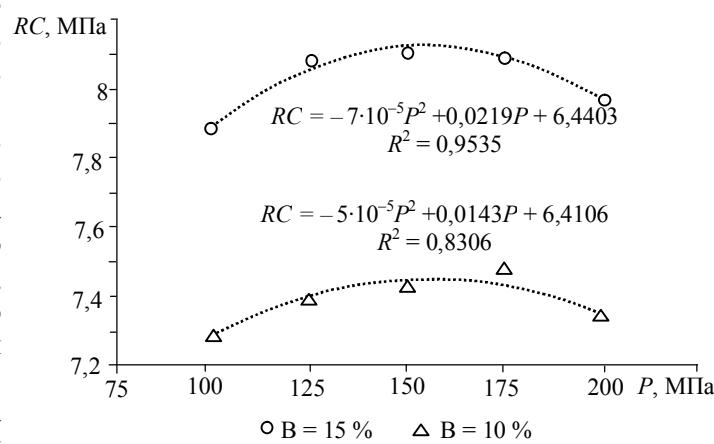


Рис.2. Зависимость прочности брикетов на сжатие от давления прессования при варьировании содержания связующего

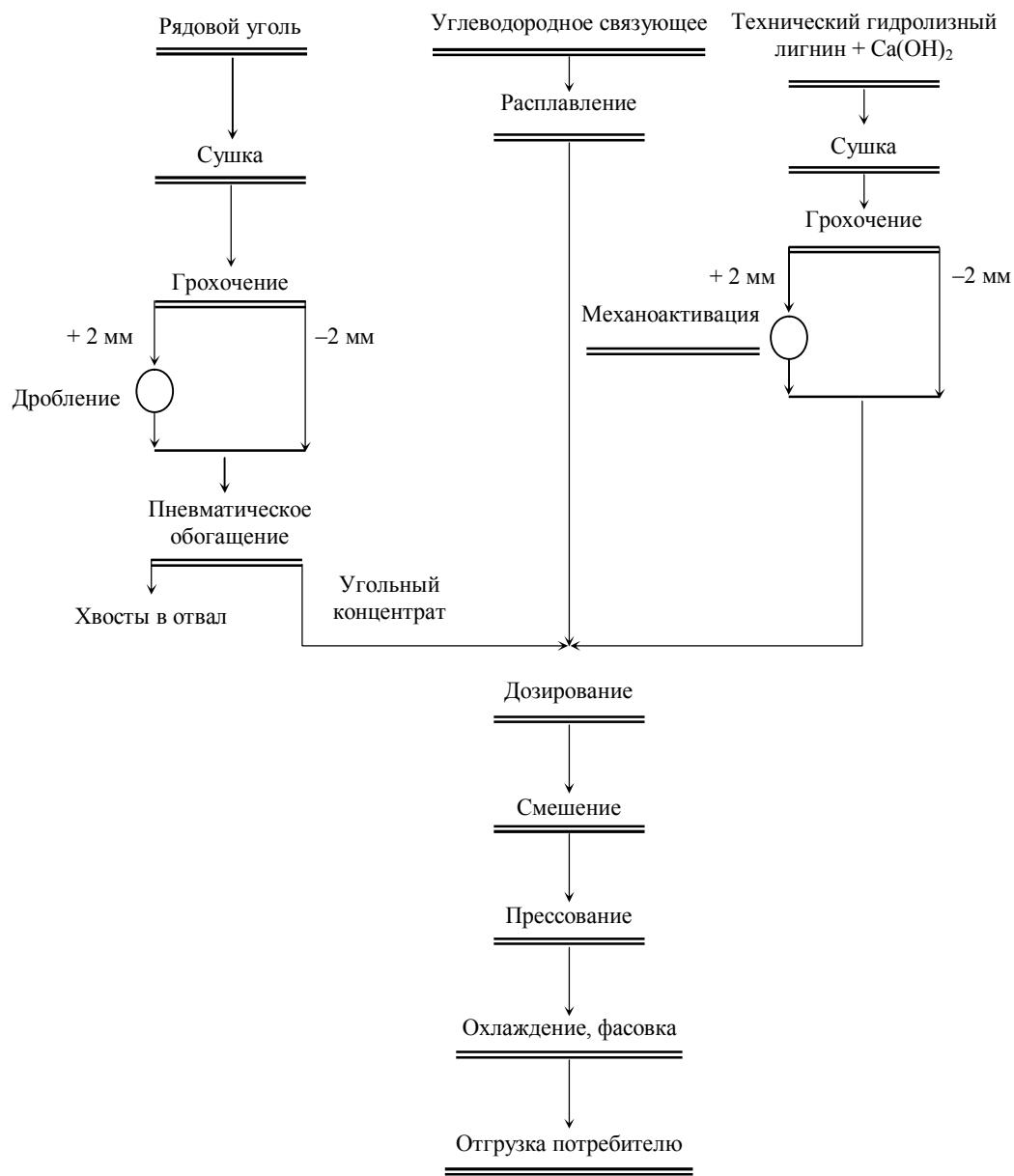


Рис.3. Принципиальная технологическая схема процесса производства брикетов

в точке, соответствующей давлению прессования $P = 156$ МПа. При округлении получаем оптимальное значение давления прессования – 160 МПа, при более высоком давлении наблюдается перепрессовка материала, а более низкое давление не обеспечивает требуемую прочность [1]. При 10 %-ном содержании связующего прочность брикета не достигает нормативного значения (7,5 МПа, ГОСТ 8584-67), оптимум соответствует $P = 143$ МПа.

Принципиальная технологическая схема производства топливных брикетов. Последовательность технологических операций для получения топливных брикетов представлена на рис.3. После сушки из угольной мелочи отделяют мелкую фракцию (-2 мм), надрешетный продукт дробят. ТГЛ сушится и подвергается механоактивации с введением гашеной извести. Применяемый в качестве связующего остаточный продукт нефтепереработки расплавляется, затем все компоненты направляются на дозирование и смешение и после охлаждения (до 45 °C) брикетируются на штемпельном прессе. Брикеты охлаждаются, фасуются и отгружаются потребителю [20].

Повышение качества буроугольного сырья Дальневосточного района РФ при предложенном подходе достигается за счет отсея и брикетирования угольной мелочи и вовлечения в переработку отходов гидролизной и нефтеперерабатывающей промышленности, в результате получается кусковое влагостойкое топливо с повышенной теплотой сгорания.



Выводы

На основе технологических характеристик ископаемого угля разработана технология получения топливных брикетов с подбором технологического режима и оптимального компонентного состава, обеспечивающего необходимую прочность и низкое влагопоглощение брикетов. Получены зависимости предела прочности на сжатие топливных брикетов от параметров брикетирования шихты, что позволяет управлять процессом брикетирования и получать продукт с заданными технологическими характеристиками.

Разработан инновационный состав топливного брикета, предусматривающий использование сырья угольной, гидролизной и нефтеперерабатывающей промышленности. Конечная продукция характеризуется высокими качественными показателями. Таким образом, в ходе исследования обоснованы технологические решения по получению высококачественного кускового твердого топлива из угольной мелочи и отходов производств Дальневосточного региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова Т.Н. Разработка технологии брикетирования буроугольной мелочи на основе связующей композиции из отходов / Т.Н.Александрова, А.В.Рассказова, К.В.Прохоров // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 9. С.284-289.
2. Аринова С.К. Исследование технологии получения угольных брикетов с заданными физико-механическими характеристиками в лабораторных условиях / С.К.Аринова, Б.Б.Саркенов, Ж.А.Ашкеев // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 1-5 (49). С.127-133.
3. Буравчук Н.И. Влияние технологических параметров на качество топливных брикетов из мелкозернистых угольных отходов / Н.И.Буравчук, О.В.Гурьянова // Химия твердого топлива. 2015. № 5. 25 с.
4. Елишевич А.Г. Брикетирование угля со связующими. М.: Недра, 1972. 216 с.
5. Ефимов В.И. Изготовление брикетов из угольных шламов обогатительных фабрик / В.И.Ефимов, И.Б.Никулин // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 943. С.26-32.
6. Исследование возможности получения топливных брикетов из угольной мелочи, отходов углеобогащения и деревообрабатывающей промышленности / Л.А.Антоненко, Е.В.Пилипенко, К.И.Домнин, Е.П.Волынкина, А.Е.Аникин // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: Тр. Всероссийской научн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Новоузенск. 2012. С.188-190.
7. Получение топливных брикетов из тонкодисперсных отходов угледобычи и углепереработки / А.В.Папин, А.Ю.Игнатова, А.В.Неведров, Т.Г.Черкасова // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 5. С.43-49.
8. Пат. 2326159 РФ. МПК C10L 5/14, C08L 95/00. Сапропылесодержащее связующее для брикетирования бурого угля / Л.А.Петрова, О.Н.Буренина, В.Г.Латышев, С.Н.Попов, Л.Я.Морова. Опубл. 10.06.2008. Бюл. № 16.
9. Пат. 2455345 РФ. МПК C10L5/16. Способ брикетирования буроугольного сырья / А.В.Рассказова, Т.Н.Александрова. Опубл. 10.07.2012. Бюл. № 19.
10. Пат. 2467059 РФ. МПК C10L 5/14, C10L 5/10. Смолистое связующее для получения угольных брикетов / Т.В.Шевченко, Ш.А.Файрушин, Е.В.Ульрих, А.С.Чуйков. Опубл. 20.11.2012. Бюл. № 32.
11. Пат. 2472845 РФ. МПК C10L 5/00, C10L 5/14, C10L 5/10. Состав химически полученного связующего для производства угольных брикетов / Т.В.Шевченко, Ш.А.Файрушин, Е.В.Ульрих, В.П.Амеленко. Опубл. 20.01.2013. Бюл. № 2.
12. Пат. 2473671 РФ. МПК C10L 5/00, C10L 5/14, C10L 9/10, C10L 5/02, C10L 5/10. Способ получения угольных брикетов / Т.В.Шевченко, Ш.А.Файрушин, Е.В.Ульрих, В.С.Фролов. Опубл. 20.11.2012. Бюл. № 32.
13. Пат. 2467060 РФ. МПК C10L 5/14, C10L 5/10. Комплексное связующее для получения угольных брикетов / Т.В.Шевченко, Ш.А.Файрушин, Е.В.Ульрих, Ю.С.Мидуница. Опубл. 20.11.2012. Бюл. № 32.
14. Пат. 2537559 РФ. МПК C10L5/02, C10L5/10, C10L5/14. Состав для получения топливного брикета / А.В.Рассказова, Т.Н.Александрова. Опубл. 10.01.2015. Бюл. № 1.
15. Петрова Г.И. Электрохимическая переработка бурых углей / Г.И.Петрова, М.И.Бычев. Якутск: ЯФ СО РАН, 2001. 168 С.
16. Разработка технологии брикетирования низкосортной угольной мелочи с продуктами переработки биомассы чертополоха / А.И.Исманжанов, Т.Д.Джолдошева, Ч.А.Адылов, Р.Ш.Салимов // Приоритетные направления развития науки и образования. 2016. № 1 (8). С.245-251.
17. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. М.: Наука, 1979. 384 с.
18. Серегин А.И. Прогрессивный алгоритм создания технологий производства брикетов из угольных шламов / А.И.Серегин, Е.Г.Горлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 3. С.244-246.
19. Сухомлинов Д.В. Технологии изготовления топливных брикетов с низкой температурой воспламенения из отходов угольной промышленности / Д.В.Сухомлинов, В.Б.Кусков // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельные статьи. 2013. № 5. С.14-17.
20. Rasskazova A.V. The increase of effectiveness of power utilization of brown coal of Russian Far East and prospects of valuable metals extraction / A.V.Rasskazova, N.A.Lavrik, T.N.Alexandrova // Eurasian Mining. 2014. N 1. P.25-27.

Авторы: Т.Н.Александрова, д-р техн. наук, заведующая кафедрой, alexandrovat10@gmail.com (Санкт-Петербургский горный университет, Россия), А.В.Рассказова, канд. техн. наук, научный сотрудник, annbot87@mail.ru (Институт горного дела ДВО РАН, Россия).

Статья принята к публикации 25.05.2016.