ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2020;(8):97-104
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.257.1:622.273.218 DOI: 10.25018/0236-1493-2020-8-0-97-104

ПОДГОТОВКА ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ

М.А. Волков[1], А.П. Гринюк[1], В.И. Мурко[1], В.А. Хямяляйнен[2], М.А. Баёв[2]

[1] Филиал ООО «Сибнииуглеобогащение», Прокопьевск, Россия, e-mail: sib_eco@mail.ru
[2] Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Кемерово, Россия

Аннотация: Утилизация отходов обогащения угля является сегодня актуальной задачей. Перспективным и опробованным решением данной проблемы можно считать применение угольных шламов для приготовления водоугольных суспензий. Полученное при этом водоугольное топливо может быть использовано на угольных ТЭС и ГРЭС, а образующиеся при сгорании золошлаковые отходы предлагается использовать для приготовления тампонажных растворов. Исследованы минералогические составы золошлаковых отходов, полученных после сжигания водоугольного топлива на основе мелкодисперсных угольных шламов в специально сконструированном котле с вихревой системой сжигания. Высокое содержание оксида кремния и оксида алюминия в сочетании с низким содержанием углерода обуславливает возможность эффективного использования золошлаковых отходов для производства строительных материалов, прежде всего тампонажных смесей, широко применяемых при горных работах на выемках шахт, закладке выработанного пространства и т.д. Представлены результаты исследований реологических свойств тампонажных растворов на основе золошлаковых отходов и прочностные характеристики затвердевшего камня. Использование угольных шламов и золошлаковых отходов, образующихся на обогатительных фабриках и угольных электростанциях, может значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду и улучшить их экономические показатели.

Ключевые слова: тампонажный раствор, золошлаковые отходы, зола, суспензионное водоугольное топливо, тонкодисперсные отходы углеобогащения, фильтр-кек, минеральный состав, реологические свойства, вязкость, прочность.

Благодарность: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-43-420016/20.

Для цитирования: *Волков М.А., Гринюк А.П., Мурко В.И., Хямяляйнен В.А., Баёв М.А.* Подготовка тампонажных растворов на основе золошлаковых отходов при сжигании водоугольного топлива из угольных шламов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 8. – С. 97–104. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-8-0-97-104.

Preparation of grouts using ash and slag from combustion of coal–water slurry fuel

M.A. Volkov[1], A.P. Grinyuk[1], V.I. Murko[1], V.A. Khyamyalyaynen[2], M.A. Baev[2]

[1] Branch of Sibniiugleobogashchenie LLC, Prokopyevsk, Russia, e-mail: sib_eco@mail.ru
[2] T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia

© М.А. Волков, А.П. Гринюк, В.И. Мурко, В.А. Хямяляйнен, М.А. Баёв. 2020.

Abstract: Coal waste recycling is of high priority of this day. A promising and approved solution is the use of coal slurry to prepare coal–water suspensions. The obtained coal–water fuels can be used at thermal and water power plants, while ash and slag from fuel combustion is suitable for preparation of grouts. The mineral compositions of ash and slag from combustion of coal–water slurry fuel in special vortex burner are analyzed. High content of silicon oxide and aluminum oxide in combination with low content of carbon conditions efficient use of ash and slag in production of construction materials, first of all, grouts, widely applicable in mining, backfilling, etc. This article describes the studies of rheological properties and strength of grouts made of ash and slag. Recycling of coal slurry, ash and slag from coal preparation plants and coal-fired electric power plants can considerably abate adverse environmental impacts and improve economics.

Key words: grout, ash and slag, coal–water slurry fuel, fine dispersed coal waste, filter cake, mineral composition, rheological properties, viscosity, strength.

Acknowledgements: The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 20-43-420016/20.

For citation: Volkov M.A., Grinyuk A.P., Murko V.I., Khyamyalyaynen V.A., Baev M.A. Preparation of grouts using ash and slag from combustion of coal–water slurry fuel. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(8):97-104. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-8-0-97-104.

Введение

Проблема промышленных энергетических отходов является сегодня одной из важнейших экологических проблем. Россия обладает вторыми по величине в мире разведанными запасами угля. При сгорании твердого топлива образуется значительный выход золошлаковых отходов (ЗШО). В результате этого возникает проблема использования накопленных в золоотвалах ЗШО. Каждый год угольная энергетика производит более 75 млн т ЗШО, из которых около 11% перерабатывается, в основном в виде вторичных строительных материалов [1–8]. Их эффективное использование может помочь значительно уменьшить негативное воздействие на окружающую среду и улучшить экономические показатели. При этом решаются следующие важнейшие вопросы: освобождение дополнительных емкостей для складирования золы и шлака, сокращение отводимых под отвалы земель и повышение экологической чистоты прилегающих территорий. В то же время актуальным в данном аспекте видится использование отходов обогащения угля как одного из видов возобновляемых энергетических источников. За рубежом (Франция, США, Китай и др.) утилизация угольных шламов производится путем приготовления и сжигания грубодисперсных водоугольных суспензий в котлах с кипящим слоем и пылеугольных котлах [9–13]. При этом водоугольные суспензии используются как дополнительное топливо. Образующиеся при сгорании золошлаковые отходы можно использовать для производства строительных материалов, прежде всего тампонажных смесей, широко применяемых при горных работах на выемках шахт, закладке выработанного пространства и т.д.

В обоих случаях исследование гранулометрического и минерального состава золы добываемых углей имеет большое значение для их комплексного и рационального использования. Золой называется тот минеральный остаток, который образуется в результате горения или прокаливания угля. Зольность угля составляется из различных пород,

примешивающихся к углю в период его отложений и превращений (внешняя зольность), а также из минеральных веществ, находящихся в составе растений, из которых уголь образовался (внутренняя зольность). Зольность угля является не только балластом топлива, но может влиять на все процессы при его использовании. В то же время в составе золы углей часто содержится некоторое количество невыгоревших его органических компонентов (недожог) и весьма ценные, нужные для народного хозяйства вещества [11]. О содержании минеральных веществ в угле чаще судят косвенно — по количеству и качеству золы, получающейся при прокаливании до постоянной массы навески топлива в присутствии кислорода при 815±10 °С (ГОСТ 11022-95). При сжигании водоугольного топлива (ВУТ) образуется малое количество шлака. При таких условиях отличие химического состава золы-уноса от химического состава золы исходного топлива незначительно.

Целью работы является определение возможности эффективного использования золошлаковых отходов, образующихся при сжигании водоугольного топлива на основе мелкодисперсных отходов углеобогащения для производства строительных материалов, преимущественно твердеющих растворных смесей (тампонажных растворов) для горных работ.

Методы

Гранулометрический состав золы, полученной после сжигания образцов водоугольного топлива на основе мелкодисперсных отходов углеобогащения, определяли в средних пробах, отобранных из газов, поступающих в золоуловители. Для оценки минерального состава золы использовался сканирующий (одноканальный) спектрометр XRF-1800 (Shimadzu, Япония) с рентгеновской трубкой с родиевым анодом напряжением 40 кВ и силой тока 95 мА, временем счета для всех элементов 552 с. При подготовке образца к рентгено-флуоресцентному анализу порошкообразные пробы золы были подвергнуты измельчению в виброистирателе, затем отпрессованы в таблетку на прессе в подложку из борной кислоты. Регистрация производилась по K_{α}-линиям; детектор для Ti-U — сцинтилляционный (SC), для K, Ca, Sn-Cs, Cl, S, P, Si, Al, Mg, Na, F — проточный (FPC), для Ti-U и K, Ca, Sn-Cs — кристалл LiF, для Ci, S, P — кристалл Ge, для Si, Al — кристалл PET, для Mg, Na, F — кристалл TAP; апертура — 30 мм, с вращением образца и вакуумированием пробной камеры. Для оценки результатов анализа производился расчет методом фундаментальных параметров, для чего регистрировались аналитические линии всех компонентов пробы с учетом фона и рассчитывались методом итераций. Расчет входит в программное обеспечение рентгено-флуоресцентного спектрометра XRF-1800.

Для лабораторных исследований были приготовлены тампонажные растворы на основе золошлаковых отходов при сжигании водоугольного топлива из угольных шламов с использованием портландцемента ПЦ400 Топкинского цементного завода.

Экспериментальные исследования реологических характеристик подготовленных тампонажных растворов проводили на ротационном вискозиметре Brookfield модели LVDV-II+Pro. В опытах использовали адаптер для малых образцов SSA (измерительная система типа коаксиальных цилиндров — шпиндель SC4-18 (биконический), камера для образцов с температурным датчиком RTD SC4-13RPY, объем образца 8 мл) [9, 10].

При исследовании свойств тампонажных камней, за основу была принята методика определения прочности це-

Таблица 1

Гранулометрический состав золы-уноса после сжигания ВУТ на основе мелкодисперсных отходов углеобогащения

Grain size composition of fly ash after combustion of coal–water fuels made of fine coal waste

Класс крупности, мм	+5,0	2,0–5,0	1,0–2,0	0,355–1,0	0,250–0,355	0,160–0,250	0,071–0,160	–0,071
Выход, %	–	–	12,1	10,1	9,1	11,1	26,2	31,4

ментного камня по ГОСТ 30744-2001. Для определения прочности из раствора изготавливали образцы с использованием форм куба 3ФК-70,7. Образцы извлекались из форм через 5 сут после заливки и оставшееся время хранились в помещении с температурой (20±3) °С и относительной влажностью (65±10)%. Испытание образцов на прочность осуществляли в возрасте 28 сут [9, 10].

Результаты

В табл. 1 представлены результаты исследований по определению гранулометрического состава золы-уноса после сжигания водоугольного топлива на основе мелкодисперсных отходов углеобогащения (фильтр-кек) ОФ «шахты им. С.М. Кирова».

На основании протоколов испытаний в табл. 2 занесены сводные данные о минеральном составе исследуемых проб топлива. Для сравнения минералогического состава в таблице также представлена характеристика золы от сжигания водоугольного топлива на основе фильтр-кека ЦОФ «Абашевская». Как видно из табл. 2, существенным отличием состава золы фильтр-кека ОФ АО «СУЭК-Кузбасс» от ЦОФ «Абашевская» является наличие повышенного содержания серы и фосфора.

Таблица 2

Состав минеральной части угольных шламов углеобогатительных фабрик АО «СУЭК-Кузбасс», используемых для водоугольного сжигания

Composition of mineral matter in coal slurry of SUEK-Kuzbass preparation plants for coal–water fuel combustion

Обозначение химических элементов	Массовая доля химических элементов, %			Обозначение химических элементов	Массовая доля химических элементов, %		
	ОФ шахты им. С.М. Кирова	ОФ шахты «Комсомолец»	ЦОФ «Абашевская»		ОФ шахты им. С.М. Кирова	ОФ шахты «Комсомолец»	ЦОФ «Абашевская»
SiO_2	59,83	62,06	62,93	BaO	0,15	0,23	0,12
Al_2O_3	21,33	20,00	18,38	CuO	0,14	0,016	0,013
CaO	4,81	4,64	3,40	P	0,13	0,14	0,65
Fe_2O_3	3,20	3,61	4,56	MnO	0,10	0,041	0,07
K2O	3,73	3,25	3,05	SrO	0,069	0,10	0,006
Na_2O	1,58	1,70	1,87	NiO	0,031	0,018	0,011
MgO	1,42	1,45	1,64	Cr_2O_3	0,026	0,026	0,02
TiO_2	0,85	0,84	0,87	ZnO	0,019	0,023	0,04
C	0,62	–	–	Co_2O_3	0,017	–	–
S	0,45	0,86	2,30	Rb_2O	0,014	0,012	0,009

Таблица 3

Реологические свойства тампонажных растворов
Rheological properties of grouts

Состав раствора, %			Коэффициент эффективной вязкости $\eta_{эф} \cdot 10^3$, Па·с, при скорости сдвига $\dot{\gamma}$, 1/с				
Вода	**Цемент**	**Зола**	**13,2**	**39,6**	**79,2**	**118,8**	**158,4**
50	50	–	–	7,59	8,59	8,82	8,72
50	40	10	–	6,12	7,26	6,73	6,16
50	25	25	8,19	9,26	9,59	7,76	6,01

В табл. 3 представлены результаты экспериментальных исследований реологических характеристик подготовленных тампонажных растворов.

Результаты лабораторных испытаний тампонажных камней приведены в табл. 4.

Обсуждение

Анализ результатов исследования золы-уноса после сжигания водоугольного топлива на основе мелкодисперсных отходов углеобогащения показывает, что по гранулометрическому составу эти материалы являются вполне пригодными для использования в качестве компонента при приготовлении тампонажных растворов, которые применяют для заполнения закрепных пустот при закладке выработанного пространства и т.п.

Как видно из табл. 2, с точки зрения химического состава главными компонентами золы являются: SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, K_2O, Na_2O и MgO. Содержание других элементов менее 1,0%. Химический и минерально-фазовый состав зол и шлаков, их строение и свойства зависят от состава минеральной части топлива, от режима его сжигания и теплотворной способности, от способа улавливания и удаления золы и шлаков, от места их отбора. В зависимости от вида углей и условий их сжигания в золах может содержаться 0,5 – 20% и более несгоревших органических частиц топлива. Они считаются вредными примесями, ухудшающими важнейшие технические свойства растворов с добавкой ЗШО.

Используя данные табл. 2, можно рассчитать некоторые критерии, принятые для классификации зол и шлаков: M_o – модуль основности (гидросили-

Таблица 4

Физико-механические свойства тампонажных камней
Physical and mechanical properties of hardened grouts

№ опыта	Состав раствора, %			$CaCl_2$, % массы цемента	Плотность раствора, кг/м³	Выход камня, %	Предел прочности образца при сжатии в возрасте 28 сут, МПа
	Вода	Цемент	Зола				
1	50	50	–	–	1629	80	7,18
2	50	50	–	3	–	–	9,19
3	50	40	10	–	1433	86	5,84
4	50	40	10	3	–	–	8,49
5	50	25	25	–	1378	87	2,94
6	50	25	25	3	–	–	3,18

катный модуль), $M_о$ = 0,12 – 0,14; $M_с$ — силикатный (кремнеземистый) модуль, $M_с$ = 2,44 – 2,74; $M_а$ — модуль активности, $M_а$ = 0,29 – 0,36; K — коэффициент качества, K = 0,37 – 0,45.

В соответствии с полученными критериями исследованные золошлаковые отходы следует отнести к группе инертных материалов.

Подача тампонажных растворов при горных работах (например, при закладке выработанного пространства, закачке в закрепные пространства горных выработок и т.д.) осуществляется строительными или геологоразведочными насосами. При этом тампонажные растворы должны иметь повышенную степень подвижности (текучести). Поэтому в экспериментах испытывали растворы с водотвердым отношением Т:В = 1:1. Из табл. 3 видно, что для растворов с золой-уноса реологические характеристики определяются главным образом цементом — значения эффективной вязкости этих растворов практически совпадают.

В раннем возрасте тампонажные камни, изготовленные из раствора с добавлением золы, обладают более низкой прочностью, чем камни из раствора без золы (табл. 4, опыты 1, 3, 5). В первую очередь это объясняется уменьшением расхода цемента и повышением водоцементного отношения при введении золы. Прочность камня с золой в раннем возрасте может быть повышена, например, использованием добавок-ускорителей твердения (табл. 4, опыты 2, 4, 6). Добавление хлористого кальция к цементному раствору увеличивает прочность тампонажного камня на 30 – 45%. С увеличением содержания золы эффект снижается, однако камни из таких растворов имеют прочность выше, чем камни из таких же растворов без $CaCl_2$. Кроме этого, введение золы-уноса увеличивает выход тампонажного камня.

Заключение

Анализ результатов выполненных исследований свойств тампонажных растворов на основе золошлаковых отходов при сжигании водоугольного топлива из угольных шламов показывает, что характеристики исследованных растворов соответствуют требованиям нормативно-технической документации. Применение ЗШО от сжигания ВУТ в тампонажных растворах позволяет снизить расход цемента на 30 – 40% и полностью заменить песок. Рассматривая в целом возможность использования золошлаковых отходов при сжигании водоугольного топлива, можно сделать вывод, что сухие золы-уноса местных котельных отличаются постоянством гранулометрического и минералогического составов и могут рекомендоваться без дополнительной обработки в качестве инертной составляющей для производства строительных материалов, прежде всего тампонажных смесей, широко применяемых при горных работах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ватин Н. И., Петросов Д. В., Калачев А. И., Лахтинен П.* Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. — 2011. — № 4 (22). — С. 16 – 21. DOI 10.5862/MCE.22.2.

2. *Смоленский О. В.* Использование зол-уноса ТЭЦ в производстве строительных материалов и строительстве // Технологии бетонов. — 2012. — № 1 – 2 (66 – 67). — С. 10 – 11.

3. *Ефременко А. С., Халтаева Е. П.* Применение золошлаковых отходов ТЭС при производстве высокопрочных легких бетонов // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2014. — № 8. — С. 86 – 89.

4. *Goud V., Soni N.* Partial replacement of cement with fly ash in concrete and its effect // IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). 2016. Vol. 6. No 10. Pp. 69 – 75. URL: http://iosrjen.org/Papers/vol6_issue10/Version-2/I0610026975.pdf (дата обращения: 19.11.2019).

5. *Худякова Л. И., Залуцкий А. В., Палеев П. Л.* Использование золошлаковых отходов тепловых электростанций // XXI век. Техносферная безопасность. – 2019. – № 4 (3). – С. 375 – 391. DOI 10.21285/2500-1582-2019-3-375-391.

6. *Sajjad Ali Mangi, Mohd Haziman Wan Ibrahim, Norwati Jamaluddin, Mohd Fadzil Arshad, Sri Wiwoho Mudjanarko* Recycling of coal ash in concrete as a partial cementitious resource // Resources. 2019. Vol. 8. No 2. DOI: 10.3390/resources8020099.

7. *Norhaiza Ghazali, Khairunisa Muthusamy, Saffuan Wan Ahmad* Utilization of fly ash in construction // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 601. Article 012023. DOI 10.1088/1757-899X/601/1/012023.

8. *Olivia M., Wibisono G., Saputra E.* Early strength of various fly ash based concrete in peat environment // MATEC Web of Conferences. 2019. Vol. 276. Article 01022. DOI 10.1051/matecconf/201927601022.

9. *Хямяляйнен В. А., Баёв М. А.* Экспериментальные исследования физико-механических свойств тампонажных растворов на основе цемента и отходов углеобогащения // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 6. – С. 12 – 19.

10. *Хямяляйнен В. А., Баёв М. А.* Оценка влияния отходов углеобогащения на физико-механические свойства тампонажных растворов и параметры технологии цементации // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 4. – С. 247 – 253.

11. *Папин А. В., Неведров А. В., Сечин А. И.* Комплексная переработка низкосортных углей и отходов углеобогащения // Ползуновский вестник. – 2014. – № 3. – С. 220 – 223.

12. *Лавриненко А. А., Свечникова Н. Ю., Игуменшева Е. А., Коновницына Н. С.* Использование отходов флотации угля в качестве нетрадиционного топлива в топках низкотемпературного кипящего слоя // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 9. – С. 123 – 130. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-9-0-123-130.

13. *Murko V. I., Khyamyalyainen V.A., Baranova M.P.* Use of ash-and-slag wastes after burning of fine-dispersed coal-washing wastes // E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 41. Article 01042. DOI 10.1051/e3sconf/20184101042. ГИАБ

REFERENCES

1. Vatin N. I., Petrosov D. V., Kalachev A. I., Lakhtinen P. Use of ashes and ash-and-slad wastes in construction. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal.* 2011, no 4 (22), pp. 16 – 21. [In Russ]. DOI 10.5862/MCE.22.2.

2. Smolenskiy O. V. Use of fly ash of thermal power plants in the production of building materials and construction. *Tekhnologii betonov.* 2012, no 1 – 2 (66 – 67), pp. 10 – 11. [In Russ].

3. *Efremenko A. S., Khaltaeva E. P.* Application of thermal power plant ash and slag waste in high-strength light concrete production. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta.* 2014, no 8, pp. 86 – 89. [In Russ].

4. Goud V., Soni N. Partial replacement of cement with fly ash in concrete and its effect. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN).* 2016. Vol. 6. No 10. Pp. 69 – 75, available at: http://iosrjen.org/Papers/vol6_issue10/Version-2/I0610026975.pdf (accessed 19.11.2019).

5. Khudyakova L. I., Zalutskiy A. V., Paleev P. L. Use of ash and slag waste of thermal power plants. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'.* 2019, no 4 (3), pp. 375 – 391. [In Russ]. DOI 10.21285/2500-1582-2019-3-375-391.

6. Sajjad Ali Mangi, Mohd Haziman Wan Ibrahim, Norwati Jamaluddin, Mohd Fadzil Arshad, Sri Wiwoho Mudjanarko Recycling of coal ash in concrete as a partial cementitious resource. *Resources.* 2019. Vol. 8. No 2. DOI: 10.3390/resources8020099.

7. Norhaiza Ghazali, Khairunisa Muthusamy, Saffuan Wan Ahmad Utilization of fly ash in construction. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 601. Article 012023. DOI 10.1088/1757-899X/601/1/012023.

8. Olivia M., Wibisono G., Saputra E. Early strength of various fly ash based concrete in peat environment. *MATEC Web of Conferences*. 2019. Vol. 276. Article 01022. DOI 10.1051/matecconf/201927601022.

9. Khyamyalyaynen V.A., Baev M.A. Experimental studies of the physical and mechanical properties of cement slurry based on cement and waste coal. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2013, no 6, pp. 12–19. [In Russ].

10. Khyamyalyaynen V.A., Baev M.A. Estimation of influence of waste coal on physical and mechanical properties of plugging solutions and technology parameters cementation. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2014, no 4, pp. 247–253. [In Russ].

11. Papin A.V., Nevedrov A.V., Sechin A.I. Complex processing of low grade coal and coal processing waste. *Polzunovskiy vestnik*. 2014, no 3, pp. 220–223. [In Russ].

12. Lavrinenko A.A., Svechnikova N.Yu., Igumensheva E.A., Konovnitsyna N.S. Use of coal flotation waste as non-conventional fuel for low-temperature fluidized bed furnaces. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2017, no 9, pp. 123–130. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-9-0-123-130.

13. Murko V.I., Khyamyalyainen V.A., Baranova M.P. Use of ash-and-slag wastes after burning of fine-dispersed coal-washing wastes. *E3S Web of Conferences*. 2018. Vol. 41. Article 01042. DOI 10.1051/e3sconf/20184101042.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Волков Михаил Александрович[1] — управляющий,
Гринюк Алексей Павлович[1] — заместитель управляющего по производству и технической политике,
Мурко Василий Иванович[1] — д-р техн. наук, профессор, заместитель управляющего по науке, e-mail: sib_eco@mail.ru,
Хямяляйнен Вениамин Анатольевич[2] — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой,
Баёв Михаил Алексеевич[2] — старший преподаватель,
[1] Филиал ООО «Сибниуглеобогащение», Прокопьевск,
[2] Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева.
Для контактов: *Мурко В.И.*, e-mail: sib_eco@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

M.A. Volkov[1], Manager,
A.P. Grinyuk[1], Deputy Manager for Production and Technical Policy,
V.I. Murko[1], Dr. Sci. (Eng.), Professor, Deputy Manager for Science, e-mail: sib_eco@mail.ru,
V.A. Khyamyalyaynen[2], Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of Chair,
M.A. Baev[2], Senior Lecturer,
[1] Branch of Sibniiugleobogashchenie LLC, Prokopyevsk, Russia,
[2] T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, Kemerovo, Russia.
Corresponding author: V.I. Murko, e-mail: sib_eco@mail.ru.

Получена редакцией 12.05.2020; получена после рецензии 19.06.2020; принята к печати 20.07.2020.
Received by the editors 12.05.2020; received after the review 19.06.2020; accepted for printing 20.07.2020.