

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
ВК «Кузбасская ярмарка»

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 8 - 2022

УДК 622.2

ISSN 2311-8342

ББК 33.1
Н 340

Главный редактор
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Никитенко С.М.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н., проф. Домрачев А.Н.,
д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2022. - № 8. – 390 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных наукоёмких технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 7-10 июня 2022 г).

Основан в 2015 г.
Выходит 1 раз в год

Учредитель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

УДК 622.2
ББК 33.1

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2022

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	287
ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	291
О ПЕРСПЕКТИВАХ И НАПРАВЛЕНИЯХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БУРЫХ УГЛЕЙ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	293
д.т.н. Прошунин Ю.Е.	293
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	293
О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ГАЗА ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ КАМЕННЫХ И БУРЫХ УГЛЕЙ	300
д.т.н. Прошунин Ю.Е.	300
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	300
К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ ВОСТРЕБОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ БУРОУГОЛЬНОГО ПОЛУКОКСА.....	308
д.т.н. Прошунин Ю.Е.	308
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	308
ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОКИНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИРОДНОГО УГЛЯ.....	314
к.т.н. Козырева Е.Н., к.т.н. Плаксин М.С., Родин Р.И., Альков В.И.	314
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	314
КОМБИНАЦИЯ ПОДСИСТЕМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ШАХТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ	320
д.т.н. Шадрин А.В.	320
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	320
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ХЕМОСОРБЦИИ КИСЛОРОДА ИСКОПАЕМЫМИ УГЛЯМИ	325
д.т.н. С.П. Греков, к.т.н. В.П. Орликова.....	325
Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» г. Донецк, Донецкая народная республика .	325
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ САМОВОЗГОРАНИЯ УГОЛЬНОГО СКОПЛЕНИЯ НА ВЫЕМОЧНОМ УЧАСТКЕ	329
Головченко Е.А., Момот Д.И., Белокобыльский М.А.	329
Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор», г. Донецк, Донецкая Народная Республика	329
БАЛЛИСТИКА КАПЕЛЬ МЕЛКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДЫ В ВЕНТИЛЯЦИОННОМ ПОТОКЕ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ.....	332
д.т.н. Агеев В.Г., Коляда А.Ю.	332
Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор», г. Донецк, Донецкая народная республика .	332
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ НЕЗАКОННОЙ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕВОЗКЕ УГЛЯ	336
¹ д.т.н. Фомин А.И., ² к.т.н. Бесперстов Д.А., ¹ д.т.н. Ли А.А.	336
1 – АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, Россия.....	336
2 – Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия	336
ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И УДАРООПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД	340
к.т.н. Ли К.Х., д.т.н. Иванов В.В.	340
АО «Научный Центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли», г. Кемерово, Россия.....	340
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В ДЛИННОМ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННОМ ЗАБОЕ ПРИ ПЕРЕХОДЕ РАЗРЫВНОГО НАРУШЕНИЯ	352
к.т.н. Говорухин Ю.М., д.т.н. Домрачев А.Н., к.т.н. Криволапов В.Г., д.т.н. Палеев Д.Ю., Поздеева И.М.....	352
ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия.....	352
К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ.....	349

К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ ВОСТРЕБОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ БУРОУГОЛЬНОГО ПОЛУКОКСА

д.т.н. Прошунин Ю.Е.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. Разработана перспективная технология получения востребованной продукции на основе буроугольного полукокса (БПК): полупродукта пылеугольного топлива (ПУТ) для доменных печей, а также пластических формовок в качестве: составной части шихты для коксования; высокорекреационного бездымного топлива для коммунально-бытовых и технологических нужд, углеродистого восстановителя для ферросплавной промышленности.

Ключевые слова: бурые угли Кемеровской области, запасы и месторождения, буроугольный полукокс, физико-химические свойства, востребованная продукция, технология производства продукции.

Известно, что наиболее экологически чистыми топливами являются бурые угли (БУ) и БПК, полученный при их переработке. Следует отметить, что на территории Кемеровской области расположены два крупнейших месторождения бурых углей: Итатское и Барандатское, относящиеся к Канско-Ачинскому бассейну. Запасы бурых углей Кемеровской области – 66 млрд. т, наиболее перспективного Барандатского месторождения – 36 млрд. т. Средняя мощность угольного пласта Барандатского месторождения – 44-58 м (максимально до 100 м). Себестоимость добычи БУ на разрезах Канско-Ачинского бассейна была в 5 раз ниже средней себестоимости по Министерству угольной промышленности СССР и составляла примерно 50 коп./т. Требуемые инвестиции в развитие добычи БУ в 1,5 раза ниже, чем при строительстве разрезов на Ерунаковском месторождении и в 3,5 раза ниже, чем при строительстве шахт [1].

В качестве сырья для получения БПК может быть предложен высококачественный бурый уголь Барандатского месторождения Канско-Ачинского бассейна (расположено в Тисульском районе Кемеровской области). Качество и состав минеральной части данного угля в сравнении с углями других месторождений Канско-Ачинского бассейна приведены в табл. 1 и 2 [1, 2].

Таблица 1

Качество углей основных месторождений Канско-Ачинского бассейна

Месторождение	Марка угля	W_i	A^d	V_{daf}	S^d
Итатское	Б1-Б2	30-34	11-13	44-48	0,7
Барандатское	Б2-Б3	32-36	7-8	44-48	0,3
Березовское	Б2-Б3	32-34	7-10	44-48	0,3
Назаровское	Б2-Б3	29-33	12-14	44-48	0,7
Бородинское	Б2-Б3	32-33	9-12	44-48	0,3

Таблица 2

Состав минеральной части углей основных месторождений Канско-Ачинского бассейна

Месторождение	Марка угля	Состав золы, %						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	SO ₃
Итатское	Б1-Б2	31,3	12,3	8,8	3,5	30,3	10,2	-
Барандатское	Б2-Б3	15,9	12,3	7,2	7,1	42,5	3,5	-
Березовское	Б2-Б3	30,6	9,6	10,6	6,6	43,6	-	1,6
Назаровское	Б2-Б3	30,6	19,6	13,6	5,6	26,8	0,5	-
Бородинское	Б2-Б3	47,0	8,6	13,6	5,6	26,6	0,5	-

Предложенный энерготехнологический метод переработки бурых углей с использованием твердого теплоносителя позволяет получить не только тепло- и (или) электроэнергию (при сжигании углеводородной парогазовой смеси), но и БПК, на основе которого может быть организовано производство следующих видов продукции [1,3]:

- полупродукт пылеугольного топлива (ПУТ) для доменных печей или энергогенерирующих установок с использованием БПК;
- пластические формовки на основе БПК в качестве:
- составной части шихты для коксования;
- высокореакционного бездымного топлива для коммунально-бытовых и технологических нужд;
- углеродистого восстановителя для ферросплавной промышленности.

Основные физико-химические свойства БПК приведены в табл. 3.

Ценность БПК, как основы для получения различных видов продукции, помимо уникальных технологических свойств повышается вследствие его отрицательной себестоимости из-за низкой стоимости сырья и большого количества выделяющихся попутно тепло- и (или) электроэнергии. Все это существенно увеличивает экономическую эффективность производства вышеуказанной продукции.

Таблица 3

Физико-химические свойства БПК [3, 4]

Показатели	Значение
Технический анализ, %:	
W^a (влажность аналитическая)	1,17
A^d (зольность на сухую массу)	8,59
V^{daf} (выход летучих веществ на горючую массу)	8,31
S^d (сод. серы на сухую массу)	0,12
P^d (сод. фосфора на сухую массу)	0,003
Элементный анализ, на горючую массу, %:	
C (содержание углерода)	90,85
H (содержание водорода)	1,97
O (содержание кислорода)	6,16
S (содержание серы)	0,13
Теплота сгорания, ккал/кг	
Высшая (Q^{daf}_s)	7760
Низшая (Q^f_i)	6908
Реакционная способность по CO_2 при $1000^\circ C$, $cm^3/g \cdot c$	6,48
Плотность, g/cm^3 :	
действительная	1,846
кажущаяся	0,924
Пористость, %	49,9
Общий объем пор, cm^3/g	0,540
Структурная прочность, %	3,2

Достоинства использования БПК в качестве компонента ПУТ обосновываются следующим образом [3,4]. Максимальный расход ПУТ ограничивается для углей с высоким выходом летучих веществ повышенным эндотермическим эффектом их разложения, а для углей с низким выходом летучих веществ – возрастанием неполноты газификации угольных частиц за время их пребывания в фурменной зоне. Расчетное время сгорания частиц БПК составило 0,03 с по сравнению с 0,062 с для угольных частиц. Обоснование эффективности применения БПК в качестве инициатора зажигания приведено ниже.

Начало горения БПК (рис. 1) отмечается при температуре около $200^\circ C$. Максимальная скорость реакции имеет место при $400^\circ C$. Максимум скорости реакции кислорода с углем

Т приходится на температуру 520°C при значении, которое почти в 4 раза ниже, чем у полукокса. Повышенная химическая активность полукокса является следствием доступности его пористой структуры для проникновения реагента внутрь всего объема частицы. Значительное влияние оказывает на нее также присутствие в золе большого количества окислов щелочноземельных металлов, о чем свидетельствуют результаты работы [5], в которой исследовалась реакционная способность обеззоленных углей.

Интересно протекает процесс окисления смеси, состоящей из 50% БПК и 50% Т. Имеются два максимума реакции. Первый из них наблюдается: при 350°C, что соответствует развитию процесса инициирования, второй – при 450°C, что на 70°C ниже, чем у Т и на 100°C выше, чем у БПК. Скорость реакции во втором максимуме – наиболее высокая из всех исследованных образцов и представляется, как результат сложения скоростей окисления БПК и Т. Скорость реакции окисления в данном случае, значительно выше, чем при использовании в качестве инициатора бурого угля [4] поскольку, процессы удаления влаги из угля и его деструкции были реализованы при полукоксировании. Следовательно, применение БПК в качестве инициатора зажигания более эффективно с точки зрения экономии кокса, чем бурых углей, так как он имеет более низкий выход летучих веществ, к тому же состоящих в основном из СО и Н₂, являющихся восстановителями.

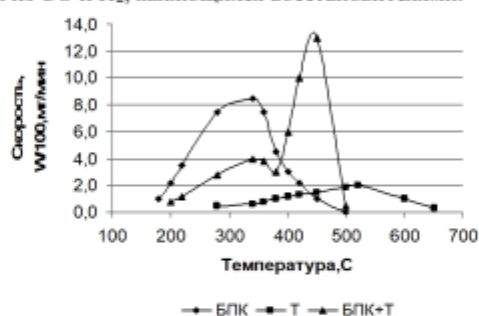


Рис. 1. Влияние температуры на скорость окисления кислородом БПК и угля марки Т

В составе газов, выделяющихся из полукокса, преобладают восстановительные компоненты: СО и Н₂, содержание которых в сумме составляет около 80 % против 56,4 % в газе пиролиза тощего угля. В то же время в последнем метана содержится в 4 раза больше. Состав остаточных летучих БПК более благоприятен для процессов в доменных печах, поскольку метан в высокотемпературной зоне при недостатке кислорода будет диссоциировать со значительным поглощением тепла.

Кроме того, ряд свойств БПК позволяет при смешивании его с углями значительно упростить технологию пылеприготовления, улучшить ее экологические показатели. Использование ПУТ, состоящего из БПК и тощего угля [4] в равной пропорции, позволит повысить производительность доменного производства на 7,5%, снизить расход доменного кокса до 330 кг на одну тонну чугуна или на 23,4%, полностью исключив при этом подачу природного газа, снизить себестоимость чугуна на 8,8%. Угольная пыль может заместить в доменной печи 100% природного газа и 20-40% кокса, существенно улучшить технико-экономические показатели процесса, а стоимость строительства установки вдувания в 4 раза меньше, чем строительство коксовой батареи производительностью заменяемого ПУТ кокса. На 4,1% сокращается подача кислородного дутья и, вследствие высокой основности золы БПК, подача флюсов может быть сокращена на 60-80% или не понадобится вовсе.

Западно-Сибирским металлургическим комбинатом совместно с заводом «Сибэлектросталь» и Кузнецким центром Восточного научно-исследовательского углехимического института (КЦ ВУХИН) был проведен промышленный эксперимент по вдуванию бурого угольного полукокса (БПК) в горн доменной печи объемом 2000 м³ ЗСМК (табл. 4) [4].

Таблица 4

Результаты опытных – промышленных плавов чугуна с вдуванием БПК на доменной печи
№ 1 (полезный объем 2000 м³) ЗСМК [4]

Показатели	Периоды	
	Сопоставительный	Опытный
Число дней	9	7
Производительность, т/сут.	2809	2846
Расход кокса, кг/т. чугуна	629	617
Расход БПК, кг/т чугуна	-	15
Теоретическая температура горения, °С	2252	2290
Степень использования Н ₂ , %	20,5	31,5
Степень использования СО, %	38,3	40,3
Количество сгоревших фурм, шт.	10	6
Простои, мин	44	14
Содержание серы в чугуне, %	0,023	0,021

Качественная характеристика использованного в эксперименте БПК. Технический анализ: W_t^f – 23,9%, A^d – 21,4%; V^{daf} – 15,7%. Элементный состав на органическую массу (daf): С – 89,0%; Н – 1,67%; N – 0,51%; O – 8,50%; S – 0,48%. Реакционная способность – 14,7 см³/г·с.

В связи с небольшим количеством БПК (600 тонн), его удельный расход был установлен в количестве 15 кг на тонну чугуна. Плавка длилась 7 суток, коэффициент замены кокса составил 0,82. В отличие от применения углей (промпродукт углей марок К+К2) отмечалось повышение теоретической температуры горения топлива. Было зафиксировано увеличение степени восстановительной способности СО и Н₂. В опытный период возросла от 0,78 до 0,86 основность шлака за счет значительного содержания основных компонентов в составе золы БПК (табл. 2). При этом, в результате повышения десульфуризирующей способности шлака содержание серы в нем повысилось с 0,57 до 0,60 %, а в чугуне снизилось с 0,023 до 0,021 %, увеличилось производство чугуна.

Нормальная подвижность шлака свидетельствовала, в частности, о полной газификации вдуваемого полукокса. Об этом же говорят данные о количестве сгоревших фурм. В опытный период шлаковых фурм сгорело в два раза меньше, а горение воздушных фурм вообще не имело места (табл. 1).

Интенсивность плавки по суммарному углероду при вдувании БПК возросла с 0,768 до 0,777 т/м³·сут. (+1,2%), что коррелируется с приведенной величиной прироста производительности (+1,3%). В целом опытные плавки с использованием БПК из Канско-Ачинских углей как агента для вдувания в горн доменной печи показали, что это топливо может быть использовано в качестве частичного заменителя доменного кокса.

В качестве недостатка отмечалось значительное абразивное воздействие БПК на пылепроводы. Было выдвинуто предположение, что абразивное воздействие полукокса можно уменьшить при его использовании в качестве инициатора сгорания ПУТ в смеси с трудно зажигаемыми высококалорийными кузнечными каменными углями. Изучение этого вопроса наряду с исследованиями по кинетике окисления пылевидного каменного угля марки Т Кузнецкого бассейна, в смеси с буроугольным полукоксом, полученным из бурых углей разреза «Бородинский», (табл. 5) выполнено в КЦ ВУХИН [4].

Определение абразивной способности выполнялось по ОСТ 41-89-74 на приборе для определения абразивности горных пород ПОАП 2М, в котором испытуемый образец взаимодействует с дробью при вращении со скоростью 1400 об/мин в течение 20 мин. Абразивное действие полукокса, которое в три раза выше, чем у угля Т, после смешения с последним практически исчезает. Полукоксы как бы размещаются внутри угольной матрицы.

Для установления эффективности использования БПК в качестве инициатора окисления угольной пыли в доменной печи оценили его химическую активность при взаимодействии с кислородом на установке дифференциально-термического анализа по методике,

изложенной в [4, 5]. Из данных табл. 6 и 7 следует [2, 5, 6], что по сравнению с коксом теплота сгорания топливной смеси выше на 107 ккал/кг (449 кДж/кг) из-за большего содержания водорода, а ее зольность и сернистость существенно ниже.

Таблица 5

Качественные показатели исследуемых топлив

Марка угля, предприятие	Технический анализ, %			Элементный анализ (daf), %				Теплота сгорания, daf Q, МДж/кг (ккал/кг)
	A ^d	V ^{daf}	S ^d	C	H	N	O	
Т, разрез «Краснобродский»	6,7	11,5	0,2	92,8	3,9	0,9	2,2	36,35(8670)
БПК, «Сиб-электро-сталь»	17,2	13,5	0,3	89,0	1,8	1,8	7,5	32,5(7760)
Смесь Т:БПК=1:1	12,0	13,0	0,3	91,0	3,0	1,3	5,0	35,0(835)

Таблица 6

Состав рабочей массы углеродистых материалов, используемых в доменной плавке

Показатели	БПК	Уголь марки Т	ПУТ: 50% БПК+50%Т	Кокс
W _t	5,0	8,0	6,5	4,0
A _t	8,16	11,7	9,9	11,1
V _t	7,21	8,43	7,82	1,5
Углерод	79,8	74,5	77,1;	82,5
Содержание водорода, %	1,49	3,31	2,4	0,42
Содержание азота, %	0,43	1,77	1,1	1,39
Содержание кислорода, %	4,95	0,72	2,84	0,2
Содержание серы, %	0,17	0,2	0,18	0,39
Нижшая теплота сгорания (Q _t), ккал/кг	6734 или 28215 кДж/кг	6879 или 28823 кДж/кг	6806 или 28517 кДж/кг	6699 или 28068 кДж/кг

Таблица 7

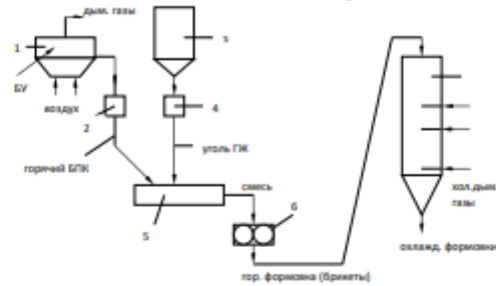
Химический состав золы, %

Топливо	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	Плавкость золы, °C (T ₁ , T ₂)
Т	51,9	5,8	2,5	5,4	25,6	3,3	0,58	0,038	1470, 1480
Кокс	57,5	2,7	1,5	8,4	26,6	1,3	0,31	-	1480, 1490
БПК	7,4	50,8	7,0	2,1	6,1	9,1	0,03	0,012	>1500, >1500
Смесь (50Т+50БПК)	31,2	28,3	4,8	3,8	15,9	6,2	0,30	-	

Интенсифицирующее же воздействие полукокса на процесс газификации топливной смеси должно обеспечить ее полную реализацию в фурменной зоне. Эти обстоятельства, а также результаты опытного вдувания БПК в горн доменной печи ЗСМК, позволяют выдвинуть предположение о возможности сохранения на базовом уровне или даже выше его теоретическую температуру горения, а также принять для расчетов коэффициент замены кокса на уровне единицы.

Вариант выпуска востребованной продукции на основе БПК связан с получением формовок. Принципиальная технологическая схема получения формовок приведена на рис. 2 [1, 4, 7]. Смесь горячего БПК с углем ГЖ [4, 7] проходит стадию брикетирования и

охлаждения от 420-440°C до 25-50°C. Полученные пластические формовки (термобрикеты) могут быть использованы в качестве составной части угольной шихты для коксования.



1 – агрегат для получения мелкозернистого БПК; 2 – дозатор БПК; 3 – бункер дробленного угля ГЖ; 4 – дозатор угля; 5 – смесительное устройство; 6 – вальцевый пресс; 7 – охладитель пластических формовок

Рис. 2. Принципиальная технологическая схема получения охлажденных пластических формовок (термобрикетов)

При добавлении пластических формовок (брикетов) в количестве 10% к угольной шихте ОАО «ЗСМК» (в случае получения доменного кокса с повышенной реакционной способностью) вследствие удешевления шихты и некоторого роста производительности печей себестоимость валового кокса может быть снижена примерно на 3,8%, а для условий большегрузной коксовой батареи (например, коксовой батареи №7 ОАО «ЗСМК» с объемом 41,6 м³) может быть получен годовой экономический эффект в размере более 300 млн. рублей в год. Добавление пластических формовок (брикетов) в количестве 35% к угольной шихте ОАО «ЗСМК» приводит к дальнейшему снижению стоимости угольной шихты и росту производительности печей не менее, чем на 10%, вследствие чего себестоимость валового кокса снижается примерно на 9,4%.

Выводы. Одним из возможных путей обеспечения России окисловым топливом для коммунально-бытовых целей может быть производство высокорекреационного бездымного формованного топлива, полученного на основе мелкозернистого бурого угольного полукокса (БПК) из углей Канско-Ачинского бассейна. В этом случае пластические формовки не проходят стадию обогащения, а направляются в коксовальный агрегат непрерывного действия (вертикальная шахтная, кольцевая или другая печь) с целью их термоупрочнения и удаления летучих веществ.

Коксование формовок рационально осуществлять термокислительным способом, то есть посредством сжигания собственных летучих веществ. Эксплуатационные затраты при получении пластических формовок (термобрикетов) для последующего коксования приняты несколько меньшими, чем при производстве товарных формовок в связи с отсутствием в данном случае стадии их охлаждения от 420-440°C до 25-50°C.

Себестоимость высокорекреационного бездымного формованного кокса для коммунально-бытовых и технологических нужд в 1,7 раза ниже себестоимости недоменного кокса слоевого коксования из шихты с добавлением БПК и в 2,0 раза ниже стоимости коксового орешка, повсеместно применяемого в ферросплавной промышленности [4, 7].

Список литературы

1. Прошунин Ю.Е., Школлер М.Б. К вопросу о перспективах энерготехнологической переработки бурых углей Кемеровской области // Металлургия: технологии, инновации, качество: сб. науч. докладов всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, 15-16 ноября 2017. – Новокузнецк, 2017. – Часть 2. – С. 369-375.
2. Вдовиченко В.С., Мартынова М.И., Новицкий Н.В. [и др.]. Энергетическое топливо СССР: справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 184 с.

3. Прошунин Ю.Е., Школлер М.Б., Лобанов В.В. Технологические проблемы и направления процессов глубокой переработки каменных и бурых углей (обзор) // Химия в интересах устойчивого развития. – 2016. – №24. – С. 1 – 14.
4. Школлер М.Б. Полукоксование каменных и бурых углей. – Новокузнецк: Инженерная академия России, Кузбасский филиал, 2001. – 235 с.
5. Родькин С. П., Белихмаер Я.А. Исследование реакционной способности углеродистых восстановителей методом дериватографии // Химия твердого топлива. – 1978. – №2. – С. 83 – 85.
6. Школлер М.Б., Прошунин Ю.Е., Степанов С.Г., Исламов С.Р. Сырьевая база производства пылеугольного топлива для вдувания в горн доменных печей // Пылеугольное топливо – альтернатива природному газу при выплавке чугуна: тр. междунар. науч.-технич. конф., 18-21 декабря 2006. – Донецк, 2006. – С. 144 – 151.
7. Белицкий А. Н., Склад М.Г., Торяник Э.И. [и др.]. Промышленные коксования частично сформированной и термообработанной шихты // Кокс и Химия. – 1990. – № 9. – С. 7 – 11.

УДК 622.279.34

ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОКИНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИРОДНОГО УГЛЯ

к.т.н. Козырева Е.Н., к.т.н. Плаксин М.С., Родин Р.И., Альков В.И.

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН,

г. Кемерово, Россия

Аннотация. Приведено обоснование подхода к исследованию газокинетических свойств природного угля на базе современного представления о состояниях метана в угольных пластах. Представлен инновационный горно-экспериментальный метод отбора проб угля, который позволит проводить исследования с условно природным (неокисленным) углем. Предполагается, что полученные результаты исследования установят более точную картину процесса газовыделения из природного угля и дополнят представленный авторами статьи научный задел в области определения газокинетических характеристик угольного пласта при снижении геомеханических напряжений.

Ключевые слова: газокинетические свойства угольного пласта, отбор штыба угля, сорбционные исследования угля.

Информация о газокинетических свойствах угольных пластов (газоносность, скорость газовыделения при разрушении, удельная энергия выделяющегося газа) является основой для расчетов при проектировании режимов проветриваний шахт и оценки параметров газодинамической безопасности. Актуальность задачи исследования газокинетических свойств значительно возросла при широком внедрении в практику горных работ высокопроизводительных технологий добычи угля. В динамично изменяющихся горнотехнологических условиях недостаточно оценки, выполненной на основе геологоразведочных данных, из-за весьма редкой сетки пробуренных с поверхности скважин и применения закономерностей, установленных накопленным в предшествующие десятилетия горным и научным опытом. Наиболее актуальными становятся работы, ориентирующиеся на оценку свойств и состояний пласта непосредственно при проведении горных выработок. Отходят на второй план представления о газоносности пласта как системе «сорбат-сорбент» [1], разрабатываются новые модели состояний многокомпонентного геоматериала, в т.ч. и весьма оригинальные: генерация метана в угольных пластах [2, 3], синтеза радикалов при разрушении угля [4], кристаллогидратная форма существования метана [5].

Фундаментальный научный задел в области описания газоносных пластов как угле-метановых геоматериалов сформулирован российскими учеными в 80-х годах прошлого века [6, 7], а в 90-х годах он признан научным открытием [8] и в последние годы активно