DOI 10.5862/JEST.243.12
УДК 662.732

Г.В. Галевский, А.Е. Аникин, В.В. Руднева, С.Г. Галевский

ПРИМЕНЕНИЕ БУРОУГОЛЬНЫХ ПОЛУКОКСОВ В МЕТАЛЛУРГИИ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

G.V. Galevsky, A.E. Anikin, V.V. Rudneva, S.G. Galevsky

USING BROWN-COAL SEMI-COKE IN METALLURGY: TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT

Проанализированы состояния производства, свойства и области применения полукоксов из отечественных малометаморфизованных углей различных месторождений. Сопоставлены свойства (зольность, содержание фиксированного углерода, выход летучих на сухую беззольную массу, реакционная способность, удельное электросопротивление, химический состав золы и др.) буроугольных полукоксов из углей Березовского месторождения Канско-Ачинского бассейна, Таловского месторождения Томской области, пламенного угля Кузбасса марки Г, угля марки ДГ Черемховского месторождения Иркутского бассейна. Установлено, что наиболее перспективно производство и потребление буроугольного полукокса Березовского месторождения КАБ ввиду его более высоких свойств по сравнению с полукоксами из малометаморфизованных углей других месторождений, технологической возможности его крупнотоннажного производства, относительно низкой стоимости, а также значительной потребности в нем многих областей промышленности.

ПОЛУКОКС; БУРЫЕ УГЛИ; КАНСКО-АЧИНСКИЙ БАССЕЙН; БЕРЕЗОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ; ПРОИЗВОДСТВО; ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА; ПРИМЕНЕНИЕ В МЕТАЛЛУРГИИ.

We have analyzed the state of production, the properties and the areas of application of semi-coke from domestic low-metamorphism coals of various fields. We have compared the properties (ash-content, content of the fixed carbon, volatile content per on dry ash-free basis, reactivity, specific resistance, chemical composition of ashes, etc.) of brown-coal semi-coke from the Berezovsky deposit of the Kansk-Achinsk basin (KAB), the Talovsky deposit of the Tomsk region, of bituminous brand G coal of Kuzbass, and of DG brand coal of the Cheremkhovsky field of the Irkutsk basin. It is established that production and consumption of brown-coal semi-coke of the Berezovsky deposit of KAB is the most effective in view of its higher properties in comparison with semi-coke from low-metamorphism coals of other fields, a technological capability for large-capacity production, rather low cost, and also considerable need for the coal in many areas of the industry.

SEMI-COKE, BROWN COALS, THE KANSK AND ACHINSK POOL, THE BEREZOVSKY FIELD, PRODUCTION, TECHNOLOGICAL PROPERTIES, APPLICATION IN METALLURGY

Введение

В настоящее время наблюдается нехватка основного восстановителя, используемого в металлургических процессах, – кокса из дефицитных спекающихся каменных углей. В связи с этим ведутся поиски новых перспективных углеродистых материалов, способных заменить полностью или частично каменноугольный кокс в целом ряде металлургических процессов. В то же время из-за переизбытка энергетических углей на топливном рынке угледобывающие предприятия активно ищут новые направления их сбыта [1, 2]. Поэтому поиск вариантов замены камен-

ноугольного кокса в ряде металлургических процессов исходными и переработанными энергетическими углями – весьма перспективное направление. Особенно интересны в этом плане бурые угли ввиду их значительных запасов и относительной дешевизны. Однако при использовании исходных бурых углей в качестве восстановителей в металлургических процессах возникает целый ряд проблем. Во-первых, зачастую металлургические предприятия располагаются на значительном удалении от буроугольных месторождений, а транспортировка бурого угля на расстояние свыше 300 км экономически и технологически нецелесообразна (высокая влажность, пыление, опасность самовозгорания и т.д.) [3–5]. Во-вторых, исходный бурый уголь имеет высокую влажность (27–38 %) и большой выход летучих веществ (45–48 %) [6]. Такие значения влажности и выхода летучих веществ недопустимы для металлургических процессов. В частности, при нагреве из исходного бурого угля начинают выделяться летучие вещества, содержащие большое количество смолистых веществ, которые затрудняют ход процесса и могут привести к выходу из строя газоочистки. В связи с этим очевидна необходимость предварительной обработки бурого угля перед использованием в металлургических процессах.

Одним из направлений подготовки бурого угля к использованию в металлургических процессах является их сушка и последующее брикетирование, благодаря чему существенно снижается влажность и достигается необходимый гранулометрический состав. Однако такой подготовки недостаточно так как выход летучих веществ при этом не уменьшается [3]. Добиться существенного уменьшения выхода летучих веществ из бурого угля можно с помощью его глубокой термической переработки (при температуре 750–800 °С) [3]. При этом образуется буроугольный полукокс (БПК) – продукт, обладающий необходимыми свойствами для его применения в металлургических процессах.

Цель нашей работы – выполнить анализ технологий производства полукоксов из отечественных малометаморфизованных углей различных месторождений, сравнить свойства этих полукоксов, а также области их применения.

Производство буроугольных полукоксов

В качестве сырья для производства БПК может быть использован любой бурый уголь. Однако одними из наиболее перспективных являются бурые угли Канско-Ачинского бассейна (КАБ) ввиду их значительных запасов (прогнозные ресурсы – 309,9 млрд т или 23,4 % от запасов России), низких значений зольности (3,4–22,3 %) и содержания серы (0,1–2,2 %) [7], а также благоприятного состава золы (CaO+MgO до 55 %) [8].

В составе КАБ по целому ряду причин наиболее перспективными для производства БПК можно считать бурые угли Березовского месторождения. Во-первых, Березовское месторождение обладает значительными балансовыми запасами – 2453,2 млн т [9]. Разработка осуществляется открытым способом на разрезе «Березовский-1», проектная мощность которого – 55 млн. т/год [10], а производственная мощность – 13,5 млн т/год [11, 12]. Толщина разрабатываемого угольного пласта – до 70 м [9]. Это в сочетании с благоприятными условиями залегания [11] обусловливает высокую среднемесячную производительность – до 575 т/чел. [13] и добычу угля 7,5–8,0 млн т/год [14, 15]. Разрез динамично развивается – за 10 лет добыча угля выросла на 32 % [13]. Во-вторых, Березовское месторождение находится на юго-западе Красноярского края в непосредственной близости к Кемеровской области, а следовательно, и к центру металлургии Сибири. Кроме того, рядом проходит Транссибирская железнодорожная магистраль, позволяющая организовать доставку сырья для металлургии не только Кузбасса, но и Красноярского края, Урала и др. В-третьих, бурые угли Березовского месторождения обладают благоприятными составом и свойствами: низкие зольность (5,6 %) и содержание серы (0,2–0,7 %), высокая теплота сгорания (16,0 МДж/кг) [9], а также благоприятный состав золы (CaO+MgO до 55 %) [8].

Известны различные технологические варианты производства полукоксов из малометаморфизованных углей [7, 8, 16–21].

На заводе «Сибэлектросталь» (г. Красноярск) в конце 60-х годов был освоен в опытно-про-

мышленном масштабе энерготехнологический способ полукоксования бурого угля, заключающийся в нагреве тонкоизмельченного угля комбинированным теплоносителем: в стадии подготовки – газовым, в стадии полукоксования – твердым [7, 16]. Технологическая схема данного способа содержит четыре контура: сушильно-размольный; бертинирования; полукоксования; охлаждения готового продукта. Этот способ позволяет получать мелкозернистый и пылевидный БПК (~ 80 % кл. 0,3–0,5 мм).

В Югославии в 60-е годы применялся способ, в котором бурый уголь обогащают, дробят до класса 0–5 мм, сушат в кипящем слое до влажности 6–12 % и далее подают на установку полукоксования Лурги–Рургаз в реактор с кипящим слоем, где в качестве теплоносителя используется полукокс с температурой 530 °С. Имеется возможность регулирования конечной температуры в пределах 450–1000 °С.

На Ангарском нефтехимическом комбинате, Ленинск-Кузнецком заводе полукоксования, а также в Германии в 60–70-е годы получил распространение процесс полукоксования в вертикальных шахтных печах системы Лурги с внутренним обогревом. Сущность процесса заключается в сушке угля (или брикетов), его полукоксовании, а затем охлаждении. В качестве газа-теплоносителя используется газ полукоксования, сжигаемый в топках камеры сушки и камеры полукоксования [16].

На заводе «Сланцы» в г. Кохтла-Ярве (Эстония) совместно с ВУХИНом в 1997 году было проведено коксование длиннопламенного угля Новой Зеландии в камерных печах с внешним обогревом. Получен высококачественный углеродистый восстановитель. Также опробован и отработан процесс полукоксования углей марок Д, ДГ и СС в газогенераторах с получением полукокса, удовлетворяющего требованиям электротермических производств [17, 18]. В 2000-е годы в газогенераторах данного завода были проведены опытно-промышленные полукоксования углей марки Д Шубаркольского разреза Казахстана. Получен полукокс класса менее 25 мм, удовлетворяющий требованиям электротермических и агломерационных производств [17, 19].

Известна технология термоокислительного полукоксования и коксования на цепных колосниковых решетках (ЦКР). Пиролиз угля осуществляется в окислительном режиме за счет сгорания над слоем топлива выделяющихся летучих веществ. В связи с этим процесс получил название «автотермический», или «аутогенный». В России данную технологию разрабатывали в МХТИ им. Д. И. Менделеева, затем в ВУХИНе; в последнее время с участием Кузнецкого центра ВУХИНа процесс разработан и внедрен в условиях Казахстана для получения из углей марки Д Шубаркольского разреза углеродистых материалов для недоменных потребителей [17–19]. В России в промышленном масштабе этот процесс не применяется. Исключение составляют малотоннажные производства полукоксов из углей марок Д и СС в котельных Кузбасса и Алтайского края. За рубежом данный способ широко используют в Канаде, США, Германии, ЮАР и Индии [17].

Для получения полукокса и кокса из углей могут применяться кольцевые печи. Сущность метода заключается в нагревании до заданной температуры относительно тонкого слоя (50–200 мм) свободно лежащей угольной загрузки на движущемся поде. В зависимости от типа перерабатываемого сырья и требований, предъявляемых к конечному продукту, загружаемый на кольцевую подину материал может быть кусковым или порошкообразным. Наибольший производственный опыт эксплуатации мощных кольцевых печей (диаметром до 25 м) с использованием бурых углей накоплен в Германии. Производительность агрегата – 115 тыс. т/год БПК (зольность A^d – 9 %, выход летучих V^{daf} – 3 %, пористость – 48,6 %, удельная поверхность – 300 м^2/г) [17, 20]. В США также эксплуатируются кольцевые печи диаметром 5 и 8 м (производительность последней – 28 т/сут. кокса). Кокс используют в электротермических производствах ферросплавов и фосфора. В бывшем СССР технология коксования в кольцевых печах диаметром 5 м отрабатывалась на опытно-промышленных установках Нижнетагильского металлургического комбината и Московского коксогазового завода. В настоящее время эти установки не работают [17, 18].

В Китае на одном из заводов в провинции Шаньси (Внутренняя Монголия) эксплуатируются две вертикальные печи типа SJ производительностью около 100 тыс./т год полукокса из углей Шеньму марки Д. Печь SJ – вертикальная, квадратная, состоит из четырех камер. Загрузка угля сверху, осуществляется периодически и синхронно связана с выгрузкой полукокса. Газ для нагрева загрузки вдувается через фурмы, установленные в стенах печи. Сгорая и частично сжигая выделяющиеся при нагреве летучие компоненты угля, образующиеся внутри печи, газ равномерно нагревает загрузку угля. Камеру можно разделить на три зоны: верхнюю – подсушка угля; среднюю – непосредственно полукоксование, нижняя – охлаждение и выдача полукокса. В зоне полукоксования достигается температура 750±20 °С, в зоне охлаждения – не ниже 80–100 °С. Данный полукокс используется для производства ферросплавов – ферросилиция и ферромарганца, фосфора (класс 5–15 мм), карбида кальция (класс 8–20 мм) [21]. Данная технология также используется в Казахстане – на борту Шубаркольского разреза в 2006 году построено шесть печей с общим производством полукокса 300 тыс. т/год [19, 21].

В настоящее время одним из самых перспективных способов получения БПК считается технология «Термококс» [22]. Принципиальная схема данной технологии приведена на рис. 1.

Суть технологической концепции состоит в разделении углей с высоким выходом летучих веществ на два продукта – газовое топливо и коксовый остаток (полукокс). В рамках указанной технологии реализуются следующие способы: «Термококс-с», «Термококс-кс», «Термококс-о$_2$» [22].

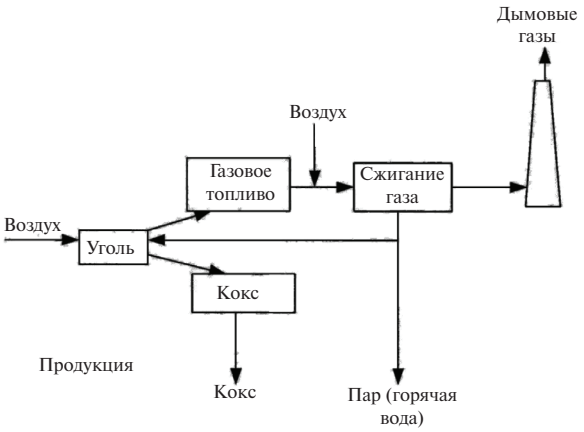

Рис. 1. Принципиальная схема технологии «Термококс»

Технология «Термококс-С» предусматривает частичную газификацию углей (окислительная карбонизация) в слоевых аппаратах с использованием обращенного дутья (схема с обратной тепловой волной). Продукты – БПК и горючий газ (CO + H_2). В 1996 году процесс реализован в г. Красноярске на Опытно-промышленном заводе по переработке угля (с 2000 году – ЗАО «Карбоника-Ф») [1–4, 10–15, 22–26].

Технология «Термококс-КС» заключается в частичной газификации углей (окислительной карбонизации) с использованием технологии кипящего слоя. Продукты – БПК и тепловая энергия. Принципиальная схема данной технологии приведена на рис. 2. В 2007 году процесс реализован в промышленных условиях на Березовском разрезе (ОАО «СУЭК», Красноярский край) [1–4, 10–15, 22–26].

Несомненнjt достоинство технологии «Термококс-КС» – возможность ее реализации

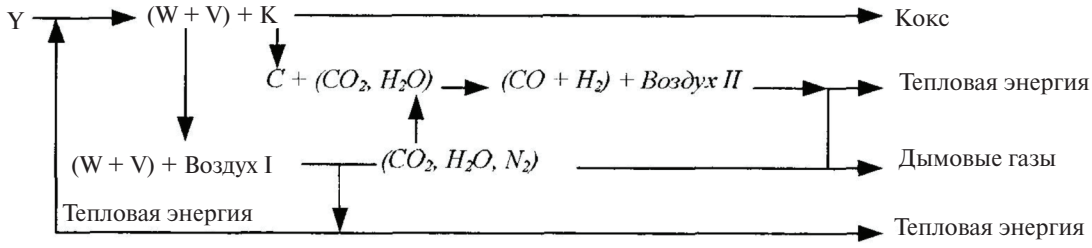

Рис. 2. Принципиальная схема технологии «Термококс-КС»:
У – уголь; W – влага; V – летучие вещества; K – коксовый остаток (полукокс); C – углерод; Воздух I – первичное воздушное дутье; Воздух II – вторичное воздушное дутье

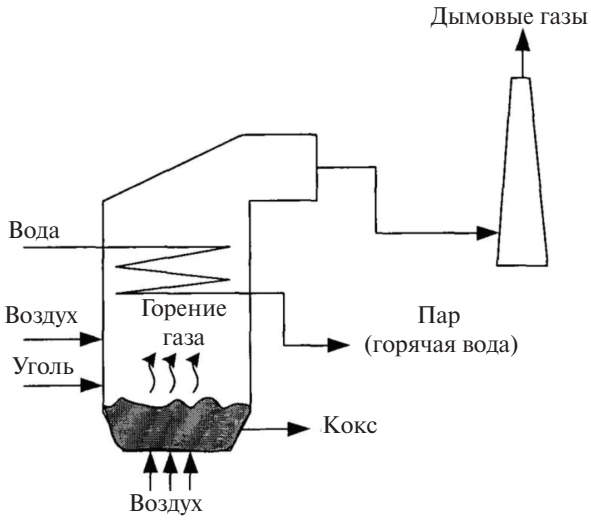

Рис. 3. Принципиальная схема технологии «Термококс-КС» с использованием энергетического котла

в модернизированных типовых энергетических котлах (рис. 3) [22].

Технология «Термококс-O_2» предусматривает частичную газификацию малозольного угля в слоевых реакторах с использованием обращенного кислородного дутья. Продукты – БПК и синтез-газ. В дальнейшем синтез-газ может перерабатываться в синтетические жидкие топлива (СЖТ) [1–4, 10–15, 22–26]. Отличительная особенность данной технологии – существенное (в 2 раза) удешевление (за счет когенерации полукокса и синтез-газа в одном агрегате) получаемого синтез-газа и, следовательно, получаемых СЖТ (в 2 раза) по сравнению с другими технологиями, в т.ч. классической технологией SASOL [22].

Таким образом, исходя из географии опытно-промышленного и промышленного применения по технологии «Термококс» перерабатываются, в первую очередь, бурые угли Березовского месторождения КАБ. Данная технология позволяет перерабатывать бурые, а также каменные угли марок Д и Г других месторождений.

Сравнительный анализ технологических свойств буроугольного полукокса

Сравнительный анализ свойств БПК из углей Березовского месторождения КАБ (БПК березовский) [8, 17, 20], БПК из углей Таловского месторождения Томской области (БПК таловский) [27], полукокса из каменного угля Кузбасса (ООО «Завод полукоксования», г. Ленинск-Кузнецкий) марки Г (КПК ленинск-кузнецкий) [7, 16, 21] и полукокса из каменного угля марки ДГ Черемховского месторождения Иркутского бассейна (КПК ангарский Ангарского завода нефтеоргсинтеза) [7, 16] представлен в таблице.

Из приведенных данных видно, что БПК березовский обладает следующими преимуществами по сравнению с полукоксами из малометаморфизованных углей других месторождений:

зольность на сухую массу (A^d) ниже на 53 , 16 и 214 % по сравнению соответственно с БПК таловским, КПК ленинск-кузнецким и КПК ангарским.

содержание фиксированного углерода (C_{fix}) выше на 4, 10 и 15 % по сравнению соответственно с БПК таловским, КПК ленинск-кузнецким и КПК ангарским;

содержание в золе CaO + MgO выше на 288 и 1633 % по сравнению соответственно с КПК ленинск-кузнецким и КПК ангарским;

пористость (П) выше на 9 % по сравнению с КПК ленинск-кузнецким;

удельная поверхность (S) выше на 21 и 45 % по сравнению соответственно с КПК ленинск-кузнецким и КПК ангарским;

содержание углерода на сухую беззольную массу (C^{daf}) выше на 2 и 1 % по сравнению соответственно с КПК ленинск-кузнецким и КПК ангарским;

реакционная способность по CO_2 при 1000 °С (РС) выше на 20 и 49 % по сравнению соответственно с БПК таловским и КПК ленинск-кузнецким.

Кроме технологических свойств, очевидны преимущества БПК из углей Березовского месторождения КАБ в плане производства, если учесть, что БПК таловский получен лишь в лабораторных условиях, КПК ленинск-кузнецкий производится в объеме 60 тыс. т/год [28] (чего явно недостаточно для удовлетворения потребности в нем) а производство КПК ангарского вообще остановлено в начале 1990-х годов. Между тем на Березовском разрезе производится около 25 тыс. т/год БПК на одну установку; при

Свойства полукоксов из малометаморфизованных углей различных месторождений

Свойства полукоксов	Полукокс			
	БПК березовский	БПК таловский	КПК ленинск-кузнецкий	КПК ангарский
Влажность на рабочую массу, %	1,2	Нет св.	13,8	17,0
Зольность на сухую массу, %	8,6	13,2	10,0	27,0
Выход летучих веществ на сухую беззольную массу, %	9,5	7,7	17,2	5,6
Содержание фиксированного углерода, %	81,9	79,1	74,5	67,4
Химический состав золы, %:				
SiO_2	19,0	Нет св.	35,1	75,7
Al_2O_3	10,5	То же	26,8	11,2
CaO + MgO	52,0	–//–	13,4	3,0
Fe_2O_3	5,8	–//–	20,6	7,6
P_2O_5	Нет св.	–//–	1,25	0,03
SO_3	4,4	–//–	Нет св.	Нет св.
$Na_2O + K_2O$	2,8	–//–	То же	То же
Удельное электросопротивление собственное, Ом·см	Нет св.	–//–	11,649	6,014
Удельное электросопротивление в засыпи кусков 3–6 мм, Ом·см	То же	–//–	$1,6 \cdot 10^6$	75,0
Плотность кажущаяся, г/см^3	0,924	–//–	0,869	0,820
Плотность истинная, г/см^3	1,846	–//–	1,606	1,820
Пористость, %	49,9	–//–	45,9	55,0
Удельная поверхность, м^2/г	264,0	–//–	217,5	182,0
Элементный состав, %:				
содержание углерода на сухую беззольную массу	90,85	–//–	88,83	89,70
содержание водорода на сухую беззольную массу	1,97	–//–	2,97	1,63
содержание азота на сухую беззольную массу	0,89	–//–	2,76	1,53
содержание кислорода на сухую беззольную массу	6,16	–//–	5,24	6,23
содержание серы на сухую беззольную массу	0,13	–//–	0,20	0,91
Реакционная способность по CO_2 при 1000 °С, см^3/(г·с)	6,48	5,4	4,35	9,8

этом имеется технологическая возможность увеличения объема производства до 100–125 тыс. т/год и более при проведении модернизации эксплуатирующихся энергетических котлов.

Анализ рынка сбыта березовского буроугольного полукокса

Анализ рынков сбыта КПК ленинск-кузнецкого и БПК березовского позволяет выделить следующие основные сферы их применения.

Ленинск-Кузнецкий завод полукоксования производит два вида полукокса (П-2 и П-3), опробованных и применяемых в следующих областях [24]: в качестве восстановителя в металлургических процессах (производство ферросплавов); как компонент шихт для коксования, производства карбида кальция и активированного угля; в качестве раскислителя стекла; для термической обработки стали; как топливо для кузниц; на агломерационных фабриках для спекания железной руды; в качестве выгорающих добавок для производства пористо-пустотного глиняного (строительного) кирпича; для энергетических целей (сжигание в котельных в смеси с рядовым углем).

Буроугольный полукокс из углей Березовского месторождения КАБ опробован и применяется в следующих качествах: бездымное высококалорийное топливо [1–3, 5, 7, 13, 14, 22]; сырье для производства водорода путем газификации [7]; восстановитель в металлургических процессах; заменитель коксового орешка в про-

изводстве ферросплавов восстановитель для прямого (недоменного) получения железа из руд, для приготовления пылеугольного топлива (ПУТ) для вдувания в горн доменной печи [1–3, 7, 10, 13, 14, 22, 23, 25, 26]; добавка в шихту для коксования [1, 7, 16]; углеродный сорбент [22–24]; высококалорийный компонент смесевых топлив самого различного назначения, например для обжига цементного клинкера или для спекания глинозема [2].

Спрос на БПК из углей Березовского месторождения КАБ может составлять от 5 до 10 млн т/год [30]. БПК из углей Березовского месторождения КАБ особенно интересен для производителей ферросплавов. В 2012 году достигнута договоренность о проведении промышленных испытаний по использованию брикетов из БПК на Надеждинском металлургическом заводе. В конце 2012 года выполнена поставка 1000 т брикетов из БПК на ОАО «Серовский завод ферросплавов», ООО «СГМК-ферросплавы» и ООО «Металекс». В 2013 году на ферросплавные заводы поставка брикетов из БПК происходила на постоянной основе. В настоящее время ведутся работы по созданию брикета из БПК для кремниевых заводов ОАО «РУСАЛ» [31]. Планируется заменить дорогостоящие колумбийские угли на БПК при производстве кремния. Опыты пройдут на ЗАО «Кремний» в г. Шелехов. Годовая потребность ОАО «РУСАЛ» в углях – около 50 тыс. т. Замена их на БПК позволит сэкономить около 50 млн руб./год [32, 33]. Заключен договор на поставку БПК в количестве 3 тыс. т/год с НИИ экологических проблем металлургии для использования в сталеплавильном производстве Новолипецкого металлургического комбината. Также БПК возможно использовать в металлургических производствах, где уголь применяют в пылевидной фракции. Именно такую технологию практикует Ачинский глиноземный комбинат (АГК). Потенциальными потребителями БПК могут стать и предприятия «Кузбассэнерго» в Кемеровской области [30].

Для сравнения стоимости составляют: бурого угля марки 2Б Канско-Ачинского бассейна – 450–550 руб./т; каменного угля марки Г Кузнецкого бассейна – 1200–1400 руб./т; БПК Березовского месторождения КАБ – 2500 руб./т; полукокса ООО «Завод полукоксования» (г. Ленинск-Кузнецкий) марки П-2 (класс 10–100 мм) – 5500 руб./т; марки П-3 (класс 0–10 мм) – 2500 руб./т; коксового орешка – 5000–6000 руб./т; кокса класса 25–40 мм – 6000–7000 руб./т [34].

Выводы

Проведенный анализ состояния производства, свойств и областей применения полукоксов из отечественных малометаморфизованных углей различных месторождений позволяет заключить, что наиболее перспективно производство и потребление буроугольного полукокса Березовского месторождения КАБ ввиду его улучшенных свойств по сравнению с полукоксами из малометаморфизованных углей других месторождений, технологической возможности его крупнотоннажного производства, относительно низкой стоимости, а также значительной потребности в нем многих областей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Исламов С.Р., Степанов С.Г.** Глубокая переработка угля: введение в проблему выбора технологии // Уголь. 2007. № 10. С. 55–58.

2. **Исламов С.Р.** Экономический кризис как побуждение к глубокой переработке угля // Уголь. 2013. № 2. С. 46–48.

3. **Исламов С.Р.** Переработка низкосортных углей в высококалорийное топливо // Уголь. 2012. № 3. С. 64–66.

4. **Романов С.М.** Перспективы развития добычи, переработки и использования бурых углей в России // Уголь. 2009. № 1. С. 15–17.

5. **Головин К.С., Крапчин С.С.** Переработка углей – стратегическое направление повышения качества и расширения сфер их использования // Уголь. 2006. № 6. С. 64–67.

6. **Ульянов И.А., Солдатенков А.П., Дмитриев В.К. [и др.].** Угли СССР: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1975. 308 с.

7. **Балмасов Н.Н., Бранчугов В.К., Быкадоров В.С. [и др.].** Минерально-сырьевая база угольной промышленности России: в 2 т. Т. 1. Состояние, динамика, развитие. М. : Изд-во Московского государственного горного университета, 1999. 648 с.

8. **Страхов В.М., Суровцева И.И., Долинский В.А. [и др.].** БПК. Возможности его использования как топлива в агломерации железных руд // Кокс и химия. 2007. № 8. С. 20–26.

9. **Балмасов Н.Н., Бранчугов В.К., Быкадоров В.С. [и др.].** Минерально-сырьевая база угольной промышленности России: в 2 т. Т. 2. Регионы и бассейны. М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 1999. 448 с.

10. **Королева А.** Пароль – КАТЭК. В День шахтера свое 35-летие отмечает Березовский разрез в Красноярском крае // Уголь. 2010. № 8. С. 36.

11. ОАО «СУЭК-Красноярск»: задачи на перспективу // Уголь. 2011. № 8. С. 18–19.

12. **Федоров А.В., Иншаков В.Ю.** ОАО «СУЭК-Красноярск»: результаты 2010 года и задачи на 2011 год // Уголь. 2011. № 3. С. 18–20.

13. **Федоров А.В.** СУЭК-Красноярск: итоги, проблемы, перспективы // Уголь. 2009. № 5. С. 48–51.

14. **Лалетин Н.И.** ОАО «СУЭК-Красноярск» – 2011 год: стабильность и развитие // Уголь. 2012. № 3. С. 15–18.

15. Филиал ОАО «СУЭК-Красноярск» «Разрез Березовский-1». Мы – за прозрачные, честные отношения // Уголь. 2012. № 4. С. 10–11.

16. **Мизин В.Г., Серов Г.В.** Углеродистые восстановители для ферроспла-вов. М. : Металлургия, 1976. 272 с.

17. **Страхов В.М.** Научные и производственные аспекты получения специальных видов кокса для электротермических производств // Кокс и химия. 2008. № 9. С. 44–49.

18. **Страхов В.М., Святов Б.А., Головачев Н.П. [и др.].** Технология производства кокса из углей Шубаркольского разреза. Оценка его качества как углеродистого восстановителя для выплавки ферросплавов // Кокс и химия. 2004. № 10. С. 16–20.

19. **Глезин И.Л., Шампаров А.Г., Страхов В.М.** Полукоксование длинно-пламенных углей Шубаркольского месторождения в газогенераторах // Кокс и химия. 2009. № 8. С. 25–29.

20. **Школлер М.Б.** БПК – модификатор свойств кокса и угольных смесей // Кокс и химия. 2007. № 12. С. 18–24.

21. **Страхов В.М., Суровцева И.В., Дьяченко А.В., Меньшенин В.М.** Технология производства и качество полукокса из вертикальных печей типа SJ Китая // Кокс и химия. 2007. № 5. С. 17–24.

22. **Исламов С.Р.** Энергоэффективное использование бурых углей на основе концепции «ТЕРМОКОКС» : автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Красноярск, 2010. 37 с.

23. **Исламов С.Р.** О новой концепции использования угля // Уголь. 2007. № 5. С. 67–69.

24. **Гринько Н.К.** Использование чистых угольных технологий в России // Уголь. 2006. № 1. С. 6–8.

25. **Исламов С.Р.** Переработка бурого угля по схеме энерготехнологического кластера // Уголь. 2009. № 3. С. 65–67.

26. **Федоров А.В.** ОАО «СУЭК-Красноярск»: миллионы тонн «черного золота» // Уголь. 2013. № 8. С. 12–14.

27. **Строкина И.В.** Разработка научных основ и определение технологических режимов углеродотермического восстановления и окисления железа в водородосодержащей атмосфере : Дисс. ... канд. техн. наук / Новокузнецк, 2013. 154 с.

28. **Страхов В.М.** Научные и производственные аспекты получения специальных видов кокса для электротермических производств // Материалы Н.К. Перспективы развития химической переработки горючих ископаемых [электр. ресурс]. http://www.ngpedia.ru/cgi-bin/getpage.exe?cn=333&uid=0.24549786420539&inte=2. Дата обращения: 17.07.2014.

29. ООО Завод полукоксования. Полукокс каменноугольный [электр. ресурс]. http://www.zavod-polukoksovaniya.pulscen.ru/goods/121282-polukox_kamennougolny. Дата обращения: 17.07.2014.

30. СУЭК нашел покупателей [Электр. ресурс]. http://www.krasnoyarsk.biz/articles/analitics/2008/03/14/suek. Дата обращения: 17.07.2014.

31. Металлурги заинтересовались Березовским полукоксом [электр. ре-сурс]. http://www.metalindex.ru/news/2013/03/25/news_45066.html. (дата обращения: 17.07.2014).

32. Русал и СУЭК будут использовать полукокс бурого угля для производства кремния [Электр. ресурс]. http://mining24.ru/2013/09/rusal-i-suek-budut-ispolzovat-poukoks-burogo-uglya-dlya-proizvodstva-kremniya/. Дата обращения: 17.07.2014.

33. Интересы «Русала» все шире – от Содерберга до катанки и угольного пека [Электр. ресурс]. http://www.rusal.ru/press-center/news_details.aspx?id=9240&ibt=52&at=1. Дата обращения: 17.07.2014.

34. Кокс металлургический и доменный. Динамика цен [Электр. ресурс]. http://www.metaltorg.ru/metal_catalog/metallurgicheskoye_syrye_i_polufabrikaty/koks/coke/. – Дата обращения: 27.07.2014.

REFERENCES

1. **Islamov S.R., Stepanov S.G.** Glubokaya pererabotka uglya: vvedeniye v problemu vybora tekhnologii [Deep processing of coal: introduction to a problem of the choice of technology]. *Ugol*. 2007. № 10. S. 55–58. (rus.)

2. **Islamov S.R.** Ekonomicheskiy krizis kak

pobuzhdeniye k glubokoy pererabotke uglya [Economic crisis as motivation to deep processing of coal]. *Ugol*. 2013. № 2. S. 46–48. (rus.)

3. **Islamov S.R.** Pererabotka nizkosortnykh ugley v vysokokaloriynoye toplivo [Processing of low-grade coals in high-calorific fuel]. *Ugol*. 2012. № 3. S. 64–66. (rus.)

4. **Romanov S.M.** Perspektivy razvitiya dobychi, pererabotki i ispolzovaniya burykh ugley v Rossii [Prospects of development of production, processing and use of brown coals in Russia] *Ugol*. 2009. № 1. S. 15–17. (rus.)

5. **Golovin K.S., Krapchin S.S.** Pererabotka ugley – strategicheskoye napravleniye povysheniya kachestva i rasshireniya sfer ikh ispolzovaniya [Processing of coals – the strategic direction of improvement of quality and expansion of spheres of their use]. *Ugol*. 2006. № 6. S. 64–67. (rus.)

6. **Ulyanov I.A., Soldatenkov A.P., Dmitriyev V.K. [i dr.]** Ugli SSSR : spravochnik. [Coals of the USSR: reference book] 2-ye izd., pererab. i dop. M.: Nedra, 1975. 308 s. (rus.)

7. **Balmasov N.N., Branchugov V.K., Bykadorov V.S. [i dr.]** Mineralno-syryevaya baza ugolnoy promyshlennosti Rossii : v 2 t. T. 1. Sostoyaniye, dinamika, razvitiye. [Mineral resources of the coal industry of Russia. State, dynamics, development]. M. : Izd-vo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 1999. 648 s. (rus.)

8. **Strakhov V.M., Surovtseva I.I., Dolinskiy V.A. [i dr.]** BPK. Vozmozhnosti yego ispolzovaniya kak topliva v aglomeratsii zheleznykh rud [BPK. Possibilities of his use as fuels in agglomeration of iron ores]. *Koks i khimiya*. 2007. № 8. S. 20–26. (rus.)

9. **Balmasov N.N., Branchugov V.K., Bykadorov V.S. [i dr.]** Mineralno-syryevaya baza ugolnoy promyshlennosti Rossii : v 2 t. T. 2. Regiony i basseyny. [Mineral resources of the coal industry of Russia. Regions and pools.] M. : Izd-vo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 1999. 448 s. (rus.)

10. **Koroleva A.** Parol – KATEK. V Den shakhtera svoye 35-letiye otmechayet Berezovskiy razrez v Krasnoyarskom kraye [Password – KATEK. In Day of the miner the 35 anniversary Berezovsky notes a section in Krasnoyarsk Krai]. *Ugol*. 2010. № 8. S. 36. (rus.)

11. OAO «SUEK-Krasnoyarsk»: zadachi na perspektivu [JSC SUEK Krasnoyarsk: tasks on prospect]. *Ugol*. 2011. № 8. S. 18–19. (rus.)

12. **Fedorov A.V., Inshakov V.Yu.** OAO «SUEK-Krasnoyarsk»: rezultaty 2010 goda i zadachi na 2011 god [JSC SUEK Krasnoyarsk: results of 2010 and task for 2011]. *Ugol*. 2011. № 3. S. 18–20. (rus.)

13. **Fedorov A.V.** SUEK-Krasnoyarsk: itogi, problemy, perspektivy [SUEK Krasnoyarsk: results, problems, prospects]. *Ugol*. 2009. № 5. S. 48–51. (rus.)

14. **Laletin N.I.** OAO «SUEK-Krasnoyarsk» – 2011 god: stabilnost i razvitiye [JSC SUEK Krasnoyarsk – 2011: stability and development]. *Ugol*. 2012. № 3. S. 15–18.

15. Filial OAO «SUEK-Krasnoyarsk» «Razrez Berezovskiy-1». My – za prozrachnyye, chestnyye otnosheniya [Branch of JSC SUEK Krasnoyarsk «Berezovsky-1 Coal mine». We – for the transparent, honest relations]. *Ugol*. 2012. № 4. S. 10–11. (rus.)

16. **Mizin V.G., Serov G.V.** Uglerodistyye vosstanoviteli dlya ferrosplavov. [Carbonaceous reducers for ferroalloys]. M. : Metallurgiya, 1976. 272 s. (rus.)

17. **Strakhov V.M.** Nauchnyye i proizvodstvennyye aspekty polucheniya spetsi-alnykh vidov koksa dlya elektrotermicheskikh proizvodstv [Scientific and production aspects of receiving special types of coke for electrothermal productions]. *Koks i khimiya*. 2008. № 9. S. 44–49. (rus.)

18. **Strakhov V.M., Svyatov B.A., Golovachev N.P. [i dr.]** Tekhnologiya proiz-vodstva koksa iz ugley Shubarkolskogo razreza. Otsenka yego kachestva kak uglerodistogo vosstanovitelya dlya vyplavki ferrosplavov [The production technology of coke from coals of the Shubarkolsky section. An assessment of his quality as carbonaceous reducer for smelting of ferroalloys]. *Koks i khimiya*. 2004. № 10. S. 16–20. (rus.)

19. **Glezin I.L., Shamparov A.G., Strakhov V.M.** Polukoksovaniye dlinnoplamennykh ugley Shubarkolskogo mestorozhdeniya v gazogeneratorakh [Devolatilization of coal of long-flame coals of the Shubarkolsky field in gas generators]. *Koks i khimiya*. 2009. № 8. S. 25–29. (rus.)

20. **Shkoller M.B.** BPK – modifikator svoystv koksa i ugolnykh smesey [BPK – the modifier of properties of coke and coal mixes]. *Koks i khimiya*. 2007. № 12. S. 18–24. (rus.)

21. **Strakhov V.M., Surovtseva I.V., Dyachenko A.V., Menshenin V.M.** Tekhnologiya proizvodstva i kachestvo polukoksa iz vertikalnykh pechey tipa SJ Kitaya [The production technology and quality of semi-coke from vertical SJ furnaces of China]. *Koks i khimiya*. 2007. № 5. S. 17–24. (rus.)

22. **Islamov S.R.** Energoeffektivnoye ispolzovaniye burykh ugley na osnove kontseptsii «TERMOKOKS» : Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. [Power effective use of brown coals on the basis of the concept of «TEPMOKOKC»] / Krasnoyarsk, 2010. 37 s. (rus.)

23. **Islamov S.R.** O novoy kontseptsii ispolzovaniya uglya [About the new concept of use of coal]. *Ugol*. 2007. № 5. S. 67–69. (rus.)

24. Grinko N.K. Ispolzovaniye chistykh ugolnykh tekhnologiy v Rossii [Use of pure coal technologies in Russia] // Ugol. 2006. № 1. S. 6–8. (rus.)

25. **Islamov S.R.** Pererabotka burogo uglya po skheme energotekhnologicheskogo klastera [Processing of brown coal according to the scheme of a power technological cluster]. *Ugol*. 2009. № 3. S. 65–67. (rus.)

26. **Fedorov A.V.** OAO «SUEK-Krasnoyarsk»: milliony tonn «chernogo zolota» [JSC SUEK Krasnoyarsk: millions tons of «black gold»]. *Ugol*. 2013. № 8. S. 12–14. (rus.)

27. **Strokina I.V.** Razrabotka nauchnykh osnov i opredeleniye tekhnologicheskikh rezhimov uglerodotermicheskogo vosstanovleniya i okisleniya zheleza v vodorodosoderzhashchey atmosfere : Diss. kand. tekhn. nauk. [Development of scientific bases and definition of the technological modes of carbon-thermal restoration and oxidation of iron in the the hydrogen-containing atmosphere] Novokuznetsk, 2013. 154 s. (rus.)

28. **Strakhov V.M.** Nauchnyye i proizvodstvennyye aspekty polucheniya spetsialnykh vidov koksa dlya elektrotermicheskikh proizvodstv [Scientific and production aspects of receiving special types of coke for electrothermal productions] // Materialy N.K. Perspektivy razvitiya khimicheskoy pererabotki goryuchikh iskopayemykh [Elektr. resurs]. *http://www.ngpedia.ru/cgi-bin/getpage.exe?cn=333&uid=0.24549786420539&inte=2.* (data obrashcheniya: 17.07.2014). (rus.)

29. OOO Zavod polukoksovaniya. Polukoks kamennougolnyy [LLC Plant of devolatilization of coal. Semi-coke coal] [Elektr. resurs]. http://www.zavod-polukoksovaniya.pulscen.ru/goods/121282-polukox_kamennougolny. (data obrashcheniya: 17.07.2014). (rus.)

30. SUEK nashel pokupateley [SUEK has found buyers] [elektr. resurs]. *http://www.krasnoyarsk.biz/articles/analitics/2008/03/14/suek*. Data obrashcheniya: 17.07.2014. (rus.)

31. Metallurgi zainteresovalis Berezovskim polukoksom [Metallurgists have become interested in Berezovsky semi-coke] [Elektr. resurs]. *http://www.metalindex.ru/news/2013/03/25/news_45066.html.* Data obrashcheniya: 17.07.2014). (rus.)

32. Rusal i SUEK budut ispolzovat polukoks burogo uglya dlya proizvodstva kremniya [RUSAL and SUEK will use semi-coke of brown coal for silicon production]. [Elektr. resurs]. *http://mining24.ru/2013/09/rusal-i-suek-budut-ispolzovat-poukoks-burogo-uglya-dlya-proizvodstva-kremniya/.* Data obrashcheniya: 17.07.2014. (rus.)

33. Interesy «Rusala» vse shire – ot Soderberga do katanki i ugolnogo peka [Interests of «RUSAL» are wider and wider – from Soderbergh to a rod iron and coal pitch]. [Elektr. resurs]. *http://www.rusal.ru/press-center/news_details.aspx?id=9240&ibt=52&at=1.* Data obrashcheniya: 17.07.2014. (rus.)

34. Koks metallurgicheskiy i domennyy. Dinamika tsen [Coke metallurgical and domain. Dynamics of the prices] [Elektr. resurs]. http://www.metaltorg.ru/metal_catalog/metallurgicheskoye_syrye_i_polufabrikaty/koks/coke/. Data obrashcheniya: 27.07.2014). (rus.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ/AUTHORS

ГАЛЕВСКИЙ Геннадий Владиславович – доктор технических наук заведующий кафедрой Сибирского государственного индустриального университета
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42..
E-mail: kafcmet@sibsiu.ru

GALEVSKY Gennadii V. – Siberian State Industrial University.
42, Kirov St, Novokuznetsk, Russia, 654007.
E-mail: kafcmet@sibsiu.ru

АНИКИН Александр Ефимович – старший преподаватель Сибирского государственного индустриального университета.
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42..
E-mail: kafcmet@sibsiu.ru

ANIKIN Aleksandr E. – Siberian State Industrial University.
42, Kirov St, Novokuznetsk, Russia, 654007.
E-mail: kafcmet@sibsiu.ru

РУДНЕВА Виктория Владимировна – доктор технических наук профессор Сибирского государственного индустриального университета
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42..
E-mail: kafcmet@mail.ru

RUDNEVA Viktoriia V. – Siberian State Industrial University.
42, Kirov St, Novokuznetsk, Russia, 654007.
E-mail: kafcmet@mail.ru

ГАЛЕВСКИЙ Сергей Геннадьевич – кандидат экономических наук доцент Национального минерально-сырьевого университета «Горный».
199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2..
E-mail: nirs@spmi.ru

GALEVSKY Sergeii G. – National Mineral Resources University.
2, line 21 V.O., St. Petersburg, Russia, 199106.
E-mail: nirs@spmi.ru