

микротвердость КГП Ni – НП  $\text{Cr}_3(\text{C}_{0,8}\text{N}_{0,2})_2$  в 2,2 раза выше, чем у никелевой матрицы, в 1,23 раза выше, чем у КГП Ni – НП  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , в 1,45 раза выше, чем у КГП Ni – НП  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ; для КГП Ni – НП  $\text{Cr}_3(\text{C}_{0,8}\text{N}_{0,2})_2$  зависимость микротвердости  $H$  от содержания в покрытии карбонитрида  $a$  описывается уравнением вида  $H = 2,973a + 2,051$ ;

– износостойкость КГП Ni – НП  $\text{Cr}_3(\text{C}_{0,8}\text{N}_{0,2})_2$  в 1,5 раза выше износостойкости КГП Ni – НП  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , в 1,7 раза – никелевых покрытий;

– токи коррозии при толщине композиционного покрытия 40 мкм составляют 0,010 мкА/см<sup>2</sup> в КГП Ni – НП  $\text{Cr}_3(\text{C}_{0,8}\text{N}_{0,2})_2$ , 0,063 мкА/см<sup>2</sup> в КЭП Ni – НП  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , 0,167 мкА/см<sup>2</sup> в никелевом покрытии, т.е. при включении в покрытие нано- и микрочастиц токи коррозии снижаются в 16,7 и 2,65 раза соответственно;

– жаростойкость КГП Ni – НП  $\text{Cr}_3(\text{C}_{0,8}\text{N}_{0,2})_2$  значительно превосходит жаростойкость никелевой матрицы: скорость их окисления при температуре 1173 К в 2,33 раза ниже, чем у никелевых покрытий и в 1,34 раза ниже, чем у КГП Ni – НП  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ; зависимость скорости окисления  $R$  от температуры  $T$  для КГП Ni – НП  $\text{Cr}_3(\text{C}_{0,8}\text{N}_{0,2})_2$  описывается уравнением вида  $R = \{5,4 \cdot [0,0033 (T - 705)]^{2,5} + 3,7\} \cdot 10^{-6}$ .

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руднева В.В., Галевский Г.В. Особенности электроосаждения и свойства композиционных покрытий с нанокompонентами // Изв. вуз. Черная металлургия. 2007. № 3. С. 39 – 43.
2. Ноздрин И.В., Ширяева Л.С., Руднева В.В. Плазменный синтез и физико-химическая аттестация нанокарбида хрома // Изв. вуз. Черная металлургия. 2012. № 12. С. 3 – 8.
3. Ноздрин И.В., Галевский Г.В., Ширяева Л.С. Синтез и эволюция дисперсности боридов и карбидов ванадия и хрома в условиях плазменного потока // Изв. вуз. Черная металлургия. 2011. № 10. С. 12 – 17.
4. Руднева В.В. Развитие теории и нанотехнологии электроосаждения композиционных покрытий // Вестник РАЕН: Проблемы развития металлургии в России. 2006. Т. 6. № 3. С. 63 – 68.

© 2014 г. Л.С. Ширяева, И.В. Ноздрин,  
Г.В. Галевский, В.В. Руднева  
Поступила 20 февраля 2014 г.

УДК 662.732

*А.Е. Аникин, Г.В. Галевский*

Сибирский государственный индустриальный университет

## БУРОУГОЛЬНЫЙ ПОЛУКОКС БЕРЕЗОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАНСКО-АЧИНСКОГО БАССЕЙНА: ПРОИЗВОДСТВО, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ

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, которые способны полностью или частично заменить каменноугольный кокс в целом ряде металлургических процессов. Наряду с этим из-за переизбытка энергетических углей на топливном рынке угледобывающие предприятия активно ищут новые направления их сбыта [1, 2]. Следовательно,

но, весьма перспективным направлением является поиск вариантов замены каменноугольного кокса в ряде металлургических процессов исходными и переработанными энергетическими углями. 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 месторож-

дений, 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 высокие влажность (27 – 38 %) и выход летучих веществ (45 – 48 %) [6]. Такие показатели влажности и выхода летучих веществ являются недопустимыми 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 становится очевидной необходимость предварительной обработки бурого угля перед использованием в металлургических процессах.

Одним из направлений подготовки бурого угля к использованию в металлургических процессах является сушка и дальнейшее брикетирование. В этом случае существенно снижается влажность, достигается необходимый гранулометрический состав. Однако этого недостаточно в связи с тем, что выход летучих веществ при этом не уменьшается [3]. Добиться существенного уменьшения выхода летучих веществ из бурого угля можно с помощью его глубокой термической переработки (до 750 – 800 °С) [3]. При этом образуется буроугольный полукоксовый продукт (БПК) – продукт, обладающий необходимыми свойствами для его применения в металлургических процессах.

Целью настоящей работы является анализ технологий производства полукоксов из отечественных малометаморфизованных углей различных месторождений, сравнительный анализ свойств этих полукоксов, а также областей их применения.

В качестве сырья для производства БПК может быть использован любой бурый уголь. 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 зольности (3,4 – 22,3 %) и содержания серы (0,1 – 2,2 %) [7], а также благоприятного состава золы (СаО + 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], производственная мощ-

ность 13,5 млн. т/год [11, 12]. Толщина разрабатываемого угольного пласта – до 70 м [9]. Это, в сочетании с благоприятными условиями залегания [11], обуславливает высокие среднемесячную производительность до 575 т/чел. [13] и добычу угля 7,5 – 8,0 млн. т/год [14, 15]. Разрез динамично развивается – за десять 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], благоприятный состав золы (СаО + 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 гг. был освоен в опытно-промышленном масштабе энерготехнологический способ полукоксования бурого угля, заключающийся в нагреве тонкоизмельченного угля комбинированным теплоносителем: на стадии подготовки – газовым, на стадии полукоксования – твердым [7, 16]. Технологическая схема этого способа содержит четыре контура: сушильно-размольный, бертинирования, полукоксования, охлаждения готового продукта. Этот способ позволяет получать мелкозернистый и пылевидный БПК (примерно 80 % класса 0,3 – 0,5 мм).

В Югославии в 60-е гг. применялся способ, в котором бурый уголь обогащают, дробят до класса 0 – 5 мм, сушат в кипящем слое до влажности 62 – 12 % и далее подают на установку полукоксования Лурги-Рургаз в реактор с кипящим слоем, где в качестве теплоносителя используется полукоксовый продукт 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 гг. 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 по-

лукоксования, сжигаемый в топках камеры сушки и камеры полукоксования [16].

На заводе «Сланцы» в г. Кохтла-Ярве (Эстония) совместно с ВУХИНОм в 1997 г. 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-х гг. в газогенераторах этого завода были проведены опытно-промышленные испытания процесса полукоксования углей марки Д Шубаркольского разреза Казахстана. Получен полукокк класса < 25 мм, удовлетворяющий требованиям электротермических и агломерационных производств [17, 19].

Известна технология термоокислительного полукоксования и коксования на цепных колосниковых решетках. 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 такую технологию разрабатывали в МХТИ им. Д.И. Менделеева, затем в ВУХИНе, и в последнее время с участием Кузнецкого центра ВУХИНа процесс разработан и внедрен в условиях Казахстана для получения углеродистых материалов для неомеменных потребителей из углей марки Д Шубаркольского разреза [17 – 19]. В России в промышленном масштабе эта технология не применяется. Исключение составляют малотоннажные производства полукоксов из углей марок Д и СС на котельных Кузбасса и Алтайского края. За рубежом этот 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 (50 – 200 мм) слоя 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 (диам. до 25 м) с использованием бурых углей накоплен в Германии; производительность агрегата

115 тыс. т/год БПК (зольность на сухую массу ( $A^d$ ) 9 %, выход летучих на сухую беззольную массу ( $V^{daf}$ ) 3 %, пористость (П) 48,6 %, удельная поверхность ( $S$ ) 300 м<sup>2</sup>/г) [17, 20]. В США также эксплуатируются кольцевые печи диам. 5 и 8 м (производительность последней составляет 28 т кокса /сут.). Кокс используют в электротермических производствах ферросплавов и фосфора. В бывшем СССР технология коксования в кольцевых печах диам. 5 м отработывалась 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 полукокса/год из углей Шеньму марки Д. Печь SJ – вертикальная, квадратная, состоит из четырех камер. Загрузка угля осуществляется сверху, периодически, синхронно связана с выгрузкой полукокса. Газ для нагрева загрузки вдувается через фурмы, установленные в стенах печи. При сгорании и частичном сжигании выделяющихся при нагреве летучих компонентов угля, образующихся внутри печи, газ равномерно нагревает загрузку угля. Камеру можно условно разделить на три зоны: в верхней происходит подсушка угля, в средней – непосредственно полукоксование, в нижней – охлаждение и выдача полукокса. В зоне полукоксования достигается температура  $750 \pm 20$  °С, в зоне охлаждения – не ниже 80 – 100 °С. Получаемый полукокк используется для производства ферросплавов – ферросилиция и ферромарганца, фосфора (класс 5 – 15 мм), карбида кальция (класс 8 – 20 мм) [21]. Такая технология также используется в Казахстане – на борту Шубаркольского разреза в 2006 г. построено шесть печей, общее производство полукокса составляет 300 тыс. т/год [19, 21].

В настоящее время одним из самых перспективных способов получения БПК считается технология «ТЕРМОКОКС» [22], принципиальная схема которой приведена на рис. 1.

Суть технологической концепции состоит в разделении углей с высоким выходом летучих веществ на два продукта – газовое топливо и коксовый остаток (полукокк). В рамках указанной технологии реализуются следующие способы: «ТЕРМОКОКС-С», «ТЕРМОКОКС-КС», «ТЕРМОКОКС-О<sub>2</sub>» [22].

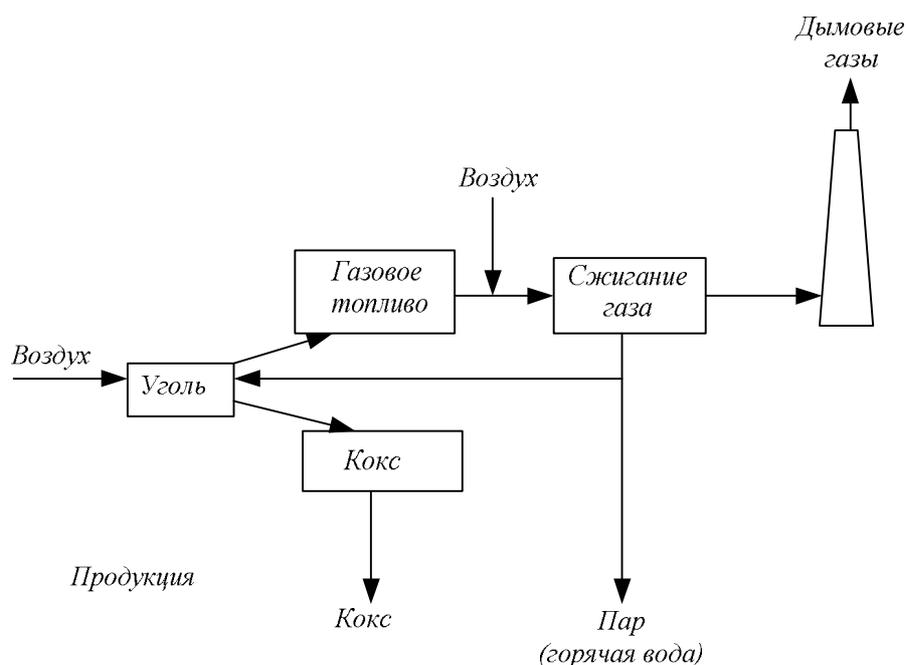


Рис. 1. Принципиальная схема технологии «ТЕРМОКОКС»

Технология «ТЕРМОКОКС-С» предусматривает частичную газификацию углей (окислительную карбонизацию) в слоевых аппаратах с использованием обращенного дутья (схема с обратной тепловой волной), продуктами являются БПК и горючий газ ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ). В 1996 г. процесс реализован в г. Красноярске на Опытно-промышленном заводе по переработке угля (с 2000 г. – 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 технологии приведена на рис. 2. В 2007 г. процесс реализован в промышленных условиях на Березовском разрезе (ОАО «СУЭК», Красноярский край) [1 – 4, 10 – 15, 22 – 26].

Несомненным достоинством технологии «ТЕРМОКОКС-КС» является возможность ее реализации в модернизированных типовых энергетических котлах (рис. 3) [22].

Технология «ТЕРМОКОКС- $\text{O}_2$ » 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]. Отличительной особенностью технологии является существенное удешевление (за счет когенерации полукокса и синтез-газа в одном агрегате) получаемого синтез-газа, и, следовательно, получаемых СЖТ (в два раза) по сравнению с другими технологиями, в т.ч. с 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.

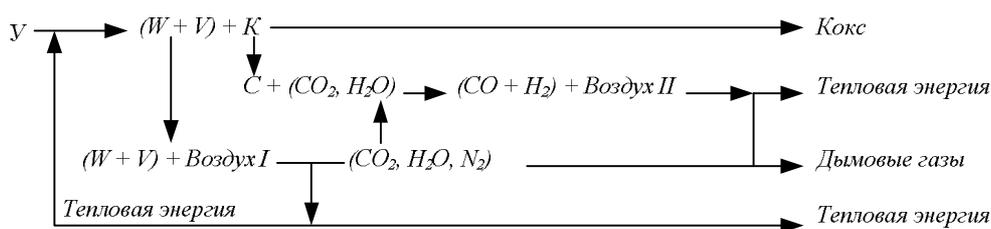


Рис. 2. Принципиальная схема технологии «ТЕРМОКОКС-КС»:

У – уголь; V – летучие вещества; W – влага; К – коксовый остаток (полукокс); С – углерод; воздух I и воздух II – первичное и вторичное воздушное дутье

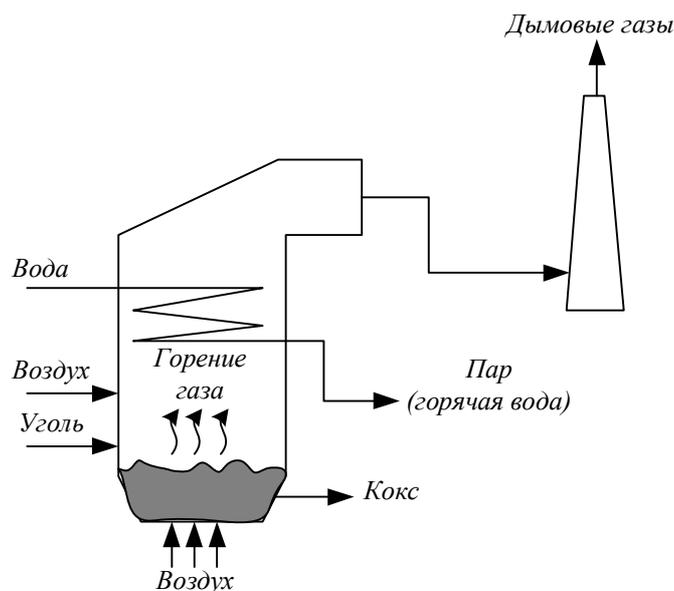


Рис. 3. Принципиальная схема технологии «ТЕРМОКОКС-КС» с использованием энергетического котла

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 марки Г Кузбасса (ООО «Завод полукоксования», г. Ленинск-Кузнецкий) (КПК ленинск-кузнецкий) [7, 16, 21] и полукокса из каменного угля марки ДГ Черемховского месторождения Иркутского бассейна (Ангарский завод нефтеоргсинтеза) (КПК ангарский) [7, 16] представлен в таблице.

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

- зольность на сухую массу ниже на 53, 16 и 214 % по сравнению с БПК таловским, КПК ленинск-кузнецким и КПК ангарским соответственно;

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

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

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

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

- содержание углерода на сухую беззольную массу ( $C^{daf}$ ) выше на 2 и 1 % по сравнению

с КПК ленинск-кузнецким и КПК ангарским соответственно;

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

Кроме технологических свойств, БПК из углей Березовского месторождения КАБ обладает следующими преимуществами в плане производства: 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; производство КПК ангарского остановлено в начале 1990-х гг. В то же время, на Березовском разрезе производится около 25 тыс. т/год БПК на одну установку. При этом имеется технологическая возможность увеличения объема производства до 100 – 125 тыс. т/год и более при проведении модернизации эксплуатирующихся энергетических котлов.

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 [29]: в качестве восстановителя в металлургических процессах (производство ферросплавов); компонента шихты для коксования, производства карбида кальция и активированного угля; раскислителя стекла; для термической обработки стали; топлива для кузниц; на агломерационных фабриках для спекания же-

### Свойства полукоксов из малометаморфизованных углей различных месторождений

Свойства	Полукок			
	БПК березовский	БПК таловский	КПК ленинско-кузнецкий	КПК ангарский
1. Влажность на рабочую массу, %	1,2	Нет св.	13,8	17,0
2. Зольность на сухую массу, %	8,6	13,2	10,0	27,0
3. Выход летучих веществ на сухую беззольную массу, %	9,5	7,7	17,2	5,6
4. Содержание фиксированного углерода, %	81,9	79,1	74,5	67,4
5. Химический состав золы, %:				
SiO <sub>2</sub>	19,0	Нет св.	35,1	75,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,5	То же	26,8	11,2
CaO + MgO	52,0	-//-	13,4	3,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,8	-//-	20,6	7,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Нет св.	-//-	1,25	0,03
SO <sub>3</sub>	4,4	-//-	Нет св.	Нет св.
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	2,8	-//-	То же	То же
6. Удельное электросопротивление собственное, Ом·см	Нет св.	-//-	11,649	6,014
7. Удельное электросопротивление в засыпи кусков 3 – 6 мм, Ом·см	То же	-//-	1,6·10 <sup>6</sup>	75,0
8. Плотность кажущаяся, г/см <sup>3</sup>	0,924	-//-	0,869	0,820
9. Плотность истинная, г/см <sup>3</sup>	1,846	-//-	1,606	1,820
10. Пористость, %	49,9	-//-	45,9	55,0
11. Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	264,0	-//-	217,5	182,0
12. 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
13. Реакционная способность по CO <sub>2</sub> при 1000 °С, см <sup>3</sup> /(г·с)	6,48	5,40	4,35	9,80

лезной руды; в качестве выгорающих добавок для производства пористо-пустотного глиняного (строительного) кирпича; для энергетических целей (сжигание в котельных в смеси с рядовым углем).

Буроугольный полукокк из углей Березовского месторождения КАБ опробован и применяется в следующих областях: в качестве бездымного высококалорийного топлива [1 – 3, 5, 7, 13, 14, 22]; сырьем для производства водорода путем газификации [7]; восстановителя в металлургических процессах; в производстве ферросплавов заменяет коксовый орешек; используется в качестве восстановителя для прямого (недоменного) получения железа из руд, для приготовления пылеугольного топлива для вдувания в горн доменной печи [1 – 3, 7, 10, 13, 14, 22, 23, 25, 26]; добавки в шихту для коксования [1, 7, 16]; углеродного сорбента [22 – 24]; как 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], такой полукокк особенно интересен для производителей ферросплавов. В 2012 г. достигнута договоренность о проведении промышленных испытаний по использованию брикетов из БПК на Надеждинском металлургическом заводе. В конце 2012 г. выполнена поставка 1000 т брикетов из БПК на ОАО «Серовский завод ферросплавов», ООО «СГМК-ферросплавы» и ООО «Металекс». В 2013 г. 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» (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. Также потенциальными потребителями БПК могут стать предприятия «Кузбассэнерго» в Кемеровской области [30].

Стоимость бурого угля марки 2Б Канско-Ачинского бассейна составляет 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 сделать вывод, что наиболее перспективно производство и потребление бурого угольного 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.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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. Угли СССР: справочник / И.А. Ульянов, А.П. Солдатенков, В.К. Дмитриев и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1975. – 308 с.
7. Минерально-сырьевая база угольной промышленности России: в 2 т. Т. 1. Состояние, динамика, развитие / Н.Н. Балмасов, В.К. Бранчугов, В.С. Быкадоров и др.; под ред. А.Е. Евтушенко, Ю.Н. Малышева. – М.: изд. Московского государственного горного университета, 1999. – 648 с.
8. Страхов В.М., Суровцева И.И., Долинский В.А. и др. Буроугольный полукокс. Возможности его использования как топлива в агломерации железных руд // Кокс и химия. 2007. № 8. С. 20 – 26.
9. Минерально-сырьевая база угольной промышленности России: в 2 т. Т. 2. Регионы и бассейны / Н.Н. Балмасов, В.К. Бранчугов, В.С. Быкадоров и др.; под ред. А.Е. Евтушенко, Ю.Н. Малышева. – М.: изд. Московского государственного горного университета, 1999. – 448 с.
10. Королёва 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 ферросплавов. – 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., Святлов Б.А., Голвачев Н.П. и др. Технология производства кокса из углей Шубаркольского разреза. Оценка его качества как углероди-

- стого восстановителя для выплавки ферросплавов // Кокс и химия. 2004. № 10. С. 16 – 20.
19. Г л е з и н И.Л., Ш а м п а р о в А.Г., С т р а х о в В.М. Полукоксование длиннопламенных углей Шубаркольского месторождения в газогенераторах // Кокс и химия. 2009. № 8. С. 25 – 29.
  20. Ш к о л л е р М.Б. БПК – модификатор свойств кокса и угольных смесей // Кокс и химия. 2007. № 12. С. 18 – 24.
  21. С т р а х о в В.М. С у р о в ц е в а И.В., Д ь я ч е н к о А.В., М е н ь ш е н и н В.М. Технология производства и качество полукокса из вертикальных печей типа SJ Китая // Кокс и химия. 2007. № 5. С. 17 – 24.
  22. И с л а м о в С.Р. Энергоэффективное использование бурых углей на основе концепции «ТЕРМОКОКС»: автореф. дис. докт. техн. наук. – Красноярск, 2010. – 37 с.
  23. И с л а м о в С.Р. О новой концепции использования угля // Уголь. 2007. № 5. С. 67 – 69.
  24. Г р и н ь к о Н.К. Использование чистых угольных технологий в России // Уголь. 2006. № 1. С. 6 – 8.
  25. И с л а м о в С.Р. Переработка бурого угля по схеме энерготехнологического кластера // Уголь. 2009. № 3. С. 65 – 67.
  26. Ф е д о р о в А.В. ОАО «СУЭК-Красноярск»: миллионы тонн «черного золота» // Уголь. 2013. № 8. С. 12 – 14.
  27. С т р о к и н а И.В. Разработка научных основ и определение технологических режимов углеродотермического восстановления и окисления железа в водородосодержащей атмосфере: автореф. дис. канд. техн. наук. – Новокузнецк, 2013. – 22 с.
  28. С т р а х о в В.М. Научные и производственные аспекты получения специальных видов кокса для электротермических производств // Материалы научной конференции «Перспективы развития химической переработки горючих ископаемых» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <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 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zavodpolukoksovaniya.pulscen.ru/goods/121282-polukokx-kamennougolny>. – (Дата обращения: 17.07.2014).
  30. СУЭК нашел покупателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.krasnoyarsk.biz/articles/analytics/2008/03/14/suek>. (Дата обращения: 17.07.2014).
  31. Металлурги заинтересовались Березовским полукоксом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.metalindex.ru/news/2013/03/25/news\\_45066.html](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 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <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 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rusal.ru/presenter/news\\_details.aspx?id=9240&ibt=52&at=1](http://www.rusal.ru/presenter/news_details.aspx?id=9240&ibt=52&at=1). (Дата обращения: 17.07.2014).
  34. Кокс металлургический и доменный. Динамика цен [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.metaltorg.ru/metal\\_catalog/metallugicheskoye\\_syrye\\_i\\_polufabrikaty/koks/coke/](http://www.metaltorg.ru/metal_catalog/metallugicheskoye_syrye_i_polufabrikaty/koks/coke/). (Дата обращения: 27.07.2014).

© 2014 г. А.Е. Аникин, Г.В. Галевский  
Поступила 10 сентября 2014 г.