УДК 662.74:553.946

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКТОВ ФРАКЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ КАМЕННОГО УГЛЯ КАА-ХЕМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Монгуш Г.Р.*ФГБУН «Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов» СО РАН, Кызыл,
e-mail: mongush983@mail.ru*

Малозольные и малосернистые, но с высоким выходом летучих компонентов каменные угли Каа-Хемского месторождения ограничиваются в применении. Настоящая статья посвящена изучению технических показателей продуктов фракционного разделения каменного угля для определения возможности и целесообразности их применения в различных отраслях промышленности. Анализ литературы показал, что на удельный вес каменного угля влияют петрографический состав, содержание минеральных примесей, содержание влаги и природа угольного вещества. Был проведен фракционный анализ угля. Определены показатели зольности и выход летучих веществ легкой, средней и тяжелой фракций. Была определена удельная поверхность полукокса легкой фракции и исследованы микрофотографии на микроскопе. В результате исследований технических показателей продуктов фракционного разделения углей Каа-Хемского месторождения определены перспективные направления получения из них углеродных материалов.

Ключевые слова: каменный уголь, фракционный анализ, пиролиз, удельная поверхность, выход летучих веществ

ANALYSIS OF TECHNICAL INDICATORS OF PRODUCTS OF FRACTIONAL SEPARATION OF THE KAA-KHEM'S COAL

Mongush G.R.*Tuvinian Institute for the Exploration of Natural Resources of the Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences, Kyzyl, e-mail: mongush983@mail.ru*

Low-ash and low-sulfur but high in volatile components of Kaa-Khem's coal limited in use. This paper is devoted to analysis of technical indicators of products of fractional separation of coal for determine the feasibility of its application in various industries. The literature analysis has shown that the petrographic composition, mineral impurities content, moisture content and nature of coal substance affect to specific gravity of coal. Fractional analysis of coal was carried out. Indicators of the ash content and volatile substances of light, medium and heavy fractions are defined. The specific surface of light fraction semi-coke was determined. Photomicrographs on a microscope are investigated. As a result of research of technical indicators of products of fractional separation of the Kaa-Khem's coal prospective directions of generating carbon materials from them are determined.

Keywords: coal, fractional analysis, pyrolysis, specific surface, volatile matter yield

В настоящее время Тувинская горно-рудная компания ищет экономически обоснованную технологию переработки своих углей (*не исключено, что на своей территории*), так как данные угли не подходят (*в силу своих особенных свойств*) к существующим технологиям промышленных углеперерабатывающих предприятий России (*с дороговизной оборудования*).

Применение газово-жирных тувинских углей в коксохимических заводах, получающих кокс, ограничивается тем, что при слоевом коксовании они образуют микротрещины, что существенно снижает его прочность.

Не нашли свое применение газовые угли и в процессах газификации, так как имеют свойства спекаться при слоевом горении [1].

Каменный уголь Каа-Хемского месторождения имеет уникальные свойства – малозольность и малосернистость, но высокий выход летучих компонентов ограничивает его в применении [2].

Принято считать, что выход летучих веществ привязан к степени углефикации, но смешивать это понятие с маркой нельзя. Марка угля основывается на технологических свойствах угля. Степень углефикации определяется при исследовании геологических и физико-химических условий формирования каменного угля.

Выход летучих веществ определяет отрасли применения угля, а также на нем основывается классификация угля по маркам.

Высокий выход летучих компонентов каменного угля при сжигании способствует и повышенному образованию сажи (*несгоревшая частичка угля*) через трубы печи. Для использования каменного угля в топках со слоевым сжиганием желательно уменьшить данный показатель (*не более 25 %*).

Используя различные процессы обогащения угля, можно получить продукты с заданным качеством. Наиболее экономически обоснованным является гравитационный метод обогащения.

Гравитационные методы обогащения основываются на различии удельного веса компонентов угля, в свою очередь на удельный вес влияют: состав минеральных примесей, петрографический состав, влажность и т.д. [3].

Исследования авторов данной работы [4], подтвердили, что во фракциях угля (марка КС) с плотностью более 1400 кг/м^3 содержатся ароматичные фюзенизированные компоненты, а для фракций угля с плотностью менее 1300 кг/м^3 характерно содержание витринитовых гелифицированных веществ.

Общий вывод: суммарный выход летучих веществ каменных углей зависит не только от степени их метаморфизма, но и от петрографического состава.

Для установления способности к процессам экстрагирования, газификации, полумоксования и коксования, а также способности обогащаться и брикетироваться целесообразно проводить технологические исследования углей.

Целью данной работы являлось изучение технических показателей продуктов фракционного разделения каменного угля Каа-Хемского месторождения, для определения возможности и целесообразности их применения в различных отраслях промышленности.

Материалы и методы исследования

Для исследования были отобраны пробы углей, по общепринятым методикам (ГОСТ 9815-75) на Каа-Хемском месторождении (КУ).

Определение и представление показателей фракционного анализа выполнено по ГОСТ 4790-93, сущность которого заключается в расслоении исследуемого угля на фракции в жидкостях различной плотности. Расслоение каменного угля производилось одновременно в жидкостях, имеющих плотность $1300, 1500, 1800 \text{ кг/м}^3$ в водном растворе хлорида цинка (см. рис. 1).

Рис. 1. Схема фракционного анализа каменного угля

Таблица 1

Результаты расслоения углей, определения зольности и выхода летучих веществ

Исходный образец	Плотность жидкости, кг/м ³	Выход фракции, %		Зольность фракции A _d (%), %		Выход летучих веществ V _d , %	
		всплывшей	потонувшей	всплывшей	потонувшей	всплывшей	потонувшей
Каа-Хемский уголь (2Г): Зольность угля – 6,5% Выход летучих веществ угля – 33,7%	1300	35,3	–	5,94	–	28,05	–
	1500	3,6	–	4,92	–	22	–
	1800	51,5	9,6	5,62	26,25	25,9	15,7

Аналитическим исследованиям подвергались легкая фракция с плотностью менее 1300 кг/м³, средняя фракция с плотностью 1300–1800 кг/м³, тяжелая фракция с плотностью более 1800 кг/м³.

Технический анализ каменного угля проводился согласно стандартным методам: ГОСТ 11022-95 – содержание золы A_d (%); ГОСТ Р 55660-2013 – выход летучих веществ V_d (%).

Элементный анализ каменного угля выполнен на автоматическом элементном анализаторе содержания C, H, N, S, O «Flash2000».

Пиролиз угля проводили с помощью закрытых стальных микрореакторов в муфельной печи при температурах 650 °C и 850 °C (время выдержки 2 часа).

В полученных образцах исследовали удельную поверхность на анализаторе тонкодисперсных веществ «Термосорб F». Поверхность полукоксов была изучена на настольном сканирующем электронном микроскопе Hitachi TM1000.

Результаты исследования и их обсуждение

Из табл. 1 видно, что

– Легкая фракция с плотностью менее 1300 кг/м³ – третья часть угля характеризуется малым содержанием минеральных примесей и высоким выходом летучих веществ.

Из работы [4] было выявлено, что максимальное содержание витринизированных включений концентрируется в данной фракции, которые отвечают за спекаемость углей, растворимость в органических растворителях, влажность, зольность, механические свойства и т.д.

Сорбционная емкость углеродных сорбентов напрямую связана с пористостью материала (соответственно и с выходом летучих веществ). Размеры пор отличаются размерностью – макро-, мезо- и микропоры [5]. В данном материале преобладают мезопоры.

– Средняя фракция с плотностью 1300–1800 кг/м³ – более 50% угля является малозольной, а выход летучих веществ снизился от исходного угля и находится в пределах 22–26 %.

– Тяжелая фракция с плотностью более 1800 кг/м³ – десятая часть угля является высокзольной и с наименьшим выходом летучих веществ. Минеральная часть в данной фракции составляет более 26%, так как при сжигании каменных углей Каа-Хемского месторождения золошлаковые отходы по составу характеризуются как малоглиноземистые и кремнистые, с достаточно высоким содержанием оксидов Ca и тяжелого металла Fe [6].

При пиролизе в образцах с плотностью более 1800 кг/м³ спекающая и коксующая способность углей не обнаружилась. Данные понятия были рассмотрены и уточнены в работе [7], где термины «спекающая способность» и «коксующая способность» целесообразно применять исключительно для ископаемых углей, а термины «спекаемость» и «коксуемость» – для угольных смесей и угольных шихт.

Угли с плотностью менее 1800 кг/м³ не потеряли спекающую и коксующую способность.

Таблица 2

Элементный анализ исходного угля и угля, с плотностью менее 1300 кг/м³

Маркировка образца	Содержание, мас. %			
	N	C	H	S
КУ исходный	1,39	77,57	5,67	0,43
КУ-1300	1,50	77,66	5,78	0,32

Таблица 3

Удельная поверхность полукоксов с плотностью менее 1300 кг/м³

Исходный уголь	0,33 м ² /г
Полукоксов 650	75,62 м ² /г
Полукоксов 850	138,9 м ² /г

Рис. 1. Микрофотография углеродного материала, полученного при температуре 650 °C

Рис. 2. Микрофотография углеродного материала, полученного при температуре 850 °C

Из табл. 2 видно, что существенных изменений по элементному составу исходного угля и угля с плотностью менее 1300 кг/м³ нет, лишь на одну десятую долю уменьшилось содержание серы. Малая часть серы удалась в более тяжелую фракцию вместе с минералами, так как в углях сера присутствует в составе органической массы и в составе минеральных примесей (сульфиды и сульфаты металлов), а также в свободном состоянии в виде элементной серы. А также на десятую долю увеличивается содержание азота, так как при одной стадии метаморфизма углей содержание азота до-

стигает максимальных значений при наибольшем содержании группы витринита.

В табл. 3 и рис. 2, 3 представлены удельная поверхность и микрофотографии углеродного материала с плотностью 1300 кг/м³, так как для получения угольных сорбентов нам интересен исходный материал с высоким показателем выхода летучих веществ.

Из данных материалов видно, что с ростом температуры пиролиза выход летучих веществ из угля возрастает и формируется более гладко-пористая структура углеродного остатка, соответственно, и увеличивается удельная поверхность.

Заключение

В результате исследований технических показателей продуктов фракционного разделения углей Каа-Хемского месторождения определены перспективные направления получения из них углеродных материалов. Углеродные сорбенты, активированные угли можно получить из легкой фракции угля. Для получения кокса, полукокса, науглероживателя наиболее пригодна средняя фракция, а топливные брикеты и бездымное бытовое топливо целесообразно получать из тяжелой фракции исследуемого угля.

Список литературы

1. Котельников В.И. Экологически безопасные технологии получения угольного топлива / В.И. Котельников, В.Я. Федянин, А.В. Баринов, Е.А. Рязанова // Ползуновский вестник. – 2012. – № 3/1. – С. 42–46.
2. Тувинская горнорудная компания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tugrk.ru/> (дата обращения: 12.10.17).
3. Петрология углей: учебное пособие / под ред. Н.Ф. Столбова, Е.Р. Исаева. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 77 с.
4. Федорова Н.И. Состав и физико-химические свойства фракций каменного угля различной плотности / Н.И. Федорова, С.Ю. Лырчиков, Л.М. Хицова, З.Р. Исмагилов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2015. – Т. 23, № 2. – С. 111–115.
5. Монгуш Г.Р. Исследования способности углеродной матрицы к адсорбции загрязняющих веществ на примере катионов стронция / Г.Р. Монгуш, В.И. Котельников, А.В. Баринов // Кокс и химия. – 2015. – № 9. – С. 32–35.
6. Янчат Н.Н. Микроэлементный состав углей Каа-Хемского месторождения / Н.Н. Янчат, Л.Х. Тас-оол // Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию ТувИКОПР СО РАН (14–15.10.2015 г., Кызыл, Россия) / Отв. ред. докт. экон. наук Г.Ф. Балакина [Электронный ресурс: ноябрь 2015]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2015. – 324 с.
7. Иванов В.П. Коксующая способность и генетическая совместимость как признаки технологической ценности ископаемых углей для слоевого коксования / В.П. Иванов, И.С. Бондаренко, С.А. Пантыкин // Кокс и химия. – 2011. – № 11. – С. 8–15.