УДК 622.33.01 DOI 10.21440/2307-2091-2018-1-62-67

БАРЗАССКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ САПРОПЕЛИТОВЫХ УГЛЕЙ: ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ

Людмила Васильевна Кузнецова,
lvk@icc.kemsc.ru
Борис Алексеевич Анфёров,
b.anferov@icc.kemsc.ru
Юрий Федорович Патраков
yupat@icc.kemsc.ru
Федеральный исследовательский центр
угля и углехимии СО РАН
Россия, Кемерово, просп. Советский, 18

Актуальность. Сапропелитовые угли Барзасского месторождения Кузбасса являются хорошим сырьем для получения жидкого топлива, смазочных масел, парафина и др. Кроме того, они обогащены молибденом, ниобием, рубидием, иттрием и титаном. Их содержания выше минимальных, определяющих промышленную значимость углей как источников рудного сырья. Однако до сих пор месторождение не осваивается ввиду экономической нецелесообразности и отсутствия решения проблемы с утилизацией отходов сжигания и полукоксования, которые имеют высокую зольность и большой объем.
Цель исследования: разработать концепцию комплексного освоения Барзасского месторождения сапропелитовых углей на основе создания эффективного, экологически чистого, малоотходного производства.
Методология исследования. Анализ горно-геологических и горнотехнических условий залегания пласта Основного, результатов его геохимических исследований существующих технологий добычи и переработки высокозольных твердых горючих ископаемых и перспективных направлений их развития. Кластерный подход к освоению месторождения сапропелитовых углей.
Результаты. Добыча угля на участках с различными горно-геологическими условиями может быть осуществлена открыто-подземным способом мобильными средствами механизации – Первое шахтное поле, подземным способом по системам разработки «Длинные столбы по простиранию» средствами комплексной механизации – Второе шахтное поле и «Длинные столбы по простиранию, вынимаемые полосами по падению» в сочетании секций механизированной крепи с мобильными средствами отбойки и транспортирования угля – Третье шахтное поле. Энергохимический кластер Барзасского месторождения сапропелитовых углей – это комплекс предприятий, технологически связанных между собой, сконцентрированных на одной территории, включающий предприятия по добыче угля, завод полукоксования, котельную, химическое предприятие по переработке золошлаков от сжигания отходов пиролиза, а также предприятие по получению рудного сырья и строительных материалов.
Выводы, применение результатов. Организация основных процессов (от добычи угля до получения товарного продукта) в рамках энергохимического кластера позволит создать эффективное, экологически чистое, малоотходное производство. Потребительская стоимость получаемой товарной продукции (смола, пирогенетическая вода, топливный газ, тепловая энергия, рудный концентрат, строительные материалы) будет значительно выше стоимости сырого высокозольного угля.

Ключевые слова: Кузбасс; Барзасское месторождение сапропелитовых углей; добыча угля; открыто-подземный способ; подземный способ; полукоксование; утилизация отходов; энергохимический кластер.

Барзасское месторождение сапропелитовых углей располагается в Кузнецком угольном бассейне в нижнем течении р. Барзас. Оно сложено двумя пластами – Основным и Верхним (нерабочим). Мощность пласта Основного на разведанных геологических участках «Первое шахтное поле», «Второе шахтное поле» и «Третье шахтное поле» колеблется от 0,7 до 4,8 м (рабочая – 1,5–2,5 м). Его строение от простого до сложного (с частым переслаиванием угля и породы мощностью от 0,01 до 0,1 м). Органическая масса углей характеризуется высокой битуминозностью и высоким содержанием водорода, вследствие чего теплота сгорания горючей массы достигает 39,5 МДж/кг. Выход первичной смолы на горючую массу угля составляет 15,2 %, на органическую массу – 28 %. Смолы при фракционной разгонке дают высокий выход бензино-керосиновой фракции (бензиновой 29–33 %, керосиновой 33–36 %), имеют низкое содержание фенолов (2,35–5,7 %). Зольность углей месторождения составляет от 19 до 73 % (в среднем 45,3–55,9 %). Такие угли являются хорошим сырьем для получения жидкого топлива, смазочных масел, парафина и др. [1–7].

Разведанные и опоискованные запасы месторождения по трем участкам составляют 41 млн т, в том числе запасы категорий В + С1 – 30 960 тыс. т, прогнозные ресурсы категории Р1 – 10 000 тыс. т. До глубины 300 м прогнозные ресурсы по категории Р2 оцениваются в 150 млн т. Общие запасы и ресурсы составляют 191 млн т [8].

В 2015 г. авторы провели геохимические исследования сапропелитового угля пласта Основного [9]. После термической обработки проб при температуре 995 °С был определен оксидный и элементный состав золы рентгенофлуоресцентным методом. Анализ результатов показал, что угли обогащены молибденом, ниобием, рубидием, иттрием и титаном. Их содержания выше минимальных, определяющих промышленную значимость углей как источников рудного сырья.

Ниже приведены оксидный и элементный составы золы сапропелитового угля пласта Основного (A^d = 37,6 %) после термической обработки (995 °С).

Оксид	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3
Содержание в пробе, %	0,851	1,253	8,624	44,86	0,223	5,552	4,762	19,44	2,165	0,108	12,15

Элемент	Co	Cr	Cu	La	Mo	Nb	Ni	Pb	Rb	S	Sn	Sr	Y	Zn	Zr
Содержание в пробе, $\times 10^{-3}$, %	0,16	0,87	0,54	0,7	0,271	0,358	0,19	0,36	1,05	79,0	0,041	3,0	0,49	0,84	2,86

Далее даны содержания химических элементов в пробах сапропелитового угля пласта Основного.

Химический элемент	Mo	Nb	Rb	Y	Ti
Содержание, г/т	10,2	13,5	39,5	18,4	4884
Минимальное промышленно значимое в угле, г/т [10]	6	5,4	35	15	1500

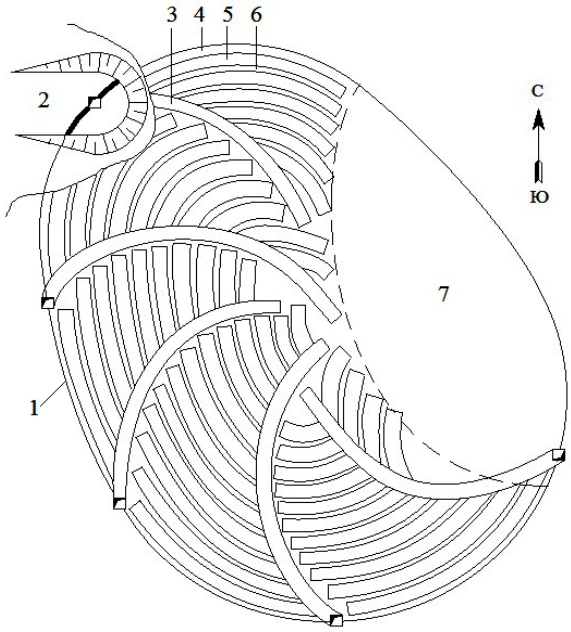

Рисунок 1. Схема раскройки брахисинклинали пласта Основного на участке «Первое шахтное поле». 1 – выход пласта под наносы; 2 – рабочая площадка; 3 – вскрывающая наклонная выработка; 4 – зона выветренного угля; 5 – горизонтальная выемочная камера; 6 – междукамерный целик; 7 – зона выклинивания пласта.

Figure 1. Diagram of the cutting of brachycentridae the Main seam in the area, "the First mine field".

На основе анализа горно-геологических и горнотехнических условий месторождения с учетом существующих технологий и перспективных направлений их развития предлагаются следующие технические решения разработки пласта Основного [11–13].

Участок «Первое шахтное поле» является наиболее изученным; его запасы (В + C_1) составляют чуть более 2 млн т; глубина залегания от 12 до 215 м; мощность пласта в центральной части и западном крыле складки составляет 4,5 м, уменьшаясь в восточном крыле до 0,9–0,3 м [1].

Особенностью залегания пласта является его форма – замкнутая «чаша» (брахисинклиналь). Традиционная открытая или подземная разработка пласта нецелесообразна в связи с ограниченными запасами угля, значительными капитальными и эксплуатационными затратами и негативным воздействием на окружающую природную среду. Предпочтительным вариантом является комбинированный способ разработки, сочетающий элементы открытой и подземной добычи угля и осуществляемый комплексом мобильного оборудования непосредственно с дневной поверхности (рис. 1).

Вскрытие пласта осуществляют путем сооружения на выходе пласта под наносы нескольких рабочих площадок последовательно в одном направлении, начиная с северной части и далее на запад. Подготовку осуществляют проведением наклонной выработки от рабочей площадки до замковой части. По мере углубления уголь вынимают в коротких забоях горизонтальными слоями. Все работы ведутся одним комплектом мобильного оборудования: проходческим комбайном с исполнительным органом избирательного действия и самоходным вагоном типа 1ГПКС и 10ВС15. После отработки запасов рабочие площадки последовательно рекультивируют. За счет минимальных объемов вскрыши обеспечиваются сохранение природного ландшафта территории, значительное снижение землеемкости добычи угля и минимальные объемы последующей рекультивации нарушенных земель. Нагрузка на очистной забой составит до 1200 т в сутки.

Запасы участка «Второе шахтное поле» категорий В + C_1 оцениваются в объеме 21,3 млн т. Они могут быть освоены средствами комплексной механизации, например комплексом 2КМ138 по системе разработки «Длинные столбы по простиранию» модульными шахтоучастками [12]. Нагрузка на очистной забой составит 3200 т в сутки.

Запасы участка «Третье шахтное поле» категорий В + C_1, составляющие 7,2 млн т, могут быть отработаны подземным способом. Пласт плавно, под углом около 30° к горизонту погружается с востока на запад. При таком падении применение традиционных средств комплексной механизации и системы разработки «Длинные столбы по простиранию» становится неэффективным, так как требует значительных затрат (трудовых, материальных, времени) для удержания секций механизированной крепи от сползания. В качестве альтернативы авторы предлагают применить систему «Длинные столбы по простиранию» с выемкой угля полосами по падению комплексом мобильного оборудования (комбайн фронтального действия типа JOY и самоходный вагон, например 10ВС15) и управлением горным давлением удержанием кровли механизированной крепью.

В пределах выемочной полосы, ограниченной по линии простирания скатами, проводимыми через каждые 200 м, средствами механизации осуществляют выемку угля тонкими слабонаклонными слоями (рис. 2). Скаты поочередно используют для организации самотечного транспорта отбитого угля на конвейерный штрек в зависимости от направления подвигания фронта очистного забоя в слое. Двигаясь в сторону ближнего ската, комбайн зарубается в почву слоя под допустимым углом к горизонту на вынимаемую мощность до 0,5 м. Отбитый уголь комбайн грузит в самоходный вагон, транспортирующий его до флангового ската. Каждый последующий новый слой начинают после перегона вхолостую комбайна на почву слоя, по которому самоходный вагон транспортировал отбитый уголь до флангового ската, до тех пор, пока в этом слое не останется места для размещения комбайна и самоходного вагона.

По окончании выемки последнего слоя при подвигании забоя на ближний скат комбайном проводят огибающую выработку над ближним скатом, осуществляя выход средств механизации из пространства выемочной полосы, где затем сооружают камеру, при необходимости присекая породы почвы пласта. В этой камере комбайн разворачивают и меняют местами с самоходным вагоном.

По возвращении средств механизации в пределы выемочной полосы очистные работы продолжают, но теперь комбайн зарубают в почву слоя в сторону флангового ската, транспорт отбитого угля осуществляют на ближний скат.

Нагрузка на очистной забой при производительности комбайна до 29 т/мин будет ограничиваться возможностями вагона по транспортировке отбитого угля и составит до 5 тыс. т в сутки.

Таким образом, разработка участка «Первое шахтное поле» комбинированным способом комплексом мобильного оборудования в коротких забоях позволит совместить во времени подготовительные и очистные работы, до минимума сократить монтажно-демонтажные работы. При этом ведение очистных работ в зоне надработанно-

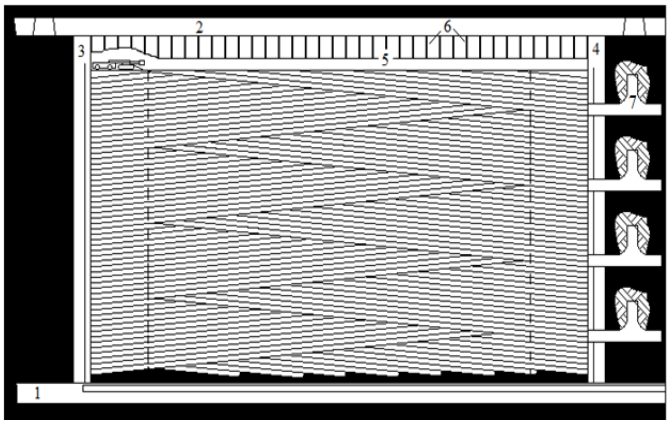

Рисунок 2. Схема подготовки выемочной полосы и порядок отработки слабонаклонных слоев. 1 – конвейерный штрек; 2 – вентиляционный штрек; 3 – фланговый скат; 4 – ближний скат; 5 – монтажная камера; 6 – секции механизированной крепи; 7 – камера разворота.

Figure 2. The scheme of preparation of the extraction strips and the procedure of development the weakly sloping layers.

го пласта, разгруженного от горного давления, будет способствовать снижению аварийности очистного забоя и повышению безопасности ведения горных работ. Проведение подготовительных выработок только по пласту повышает эффективность ведения горных работ. За счет минимальных объемов вскрыши обеспечиваются сохранение природного ландшафта территории, значительное снижение землеемкости добычи угля и минимальные объемы последующей рекультивации нарушенных горными работами земель.

Участок «Второе шахтное поле» может быть освоен с применением традиционных эффективных средств комплексной механизации и апробированной системы разработки «Длинные столбы по простиранию».

В настоящее время угольные пласты, залегающие в условиях, подобных участку «Третье шахтное поле», не разрабатываются из-за отсутствия эффективных технологий и средств механизации. Отработка длинного столба полосами по падению позволит исключить эффект несанкционированного сползания секции механизированной крепи и облегчить ее передвижку за счет сил гравитации. Раскройка столба на выемочные полосы, развороты оборудования в камерах и выемка угля в слабонаклонных противоположно направленных слоях позволяют использовать высокопроизводительное оборудование, обычно применяемое при разработке пологих пластов, обеспечив совместимость работы механизированной крепи с комплексом мобильного оборудования.

Однако, несмотря на наличие апробированных технологий для освоения месторождения и ценные химико-технологические качества барзасских сапропелитовых углей, позволяющие рассматривать их в качестве перспективного сырья для получения дорогостоящих химических продуктов и углеводородного топлива, они до сих пор не востребованы промышленностью ввиду экономической нецелесообразности добычи и переработки. Существующие процессы их переработки энерго- и ресурсозатратны и экологически небезопасны, поэтому углехимическая продукция неконкурентоспособна по сравнению с нефтехимической. При этом строительство и функционирование крупных углехимических комплексов по производству крупнотоннажной продукции, учитывая особенности географического расположения месторождения, будет сопряжено с высокими транспортными затратами. Кроме того, проблемой является утилизация отходов сжигания и полукоксования, которые имеют высокую (до 95 %) зольность и большой (до 80 % от исходного сырья) объем. Выходом из этой ситуации может стать кластерный подход при освоении месторождения [14, 15]. Он предусматривает организацию последовательной технологической цепочки получения товарных продуктов из сырья и отходов производства, таких как топливный газ, жидкие углеводороды, тепловая энергия, ценные химические элементы и строительные материалы. Энергохимический кластер представляет собой комплекс предприятий технологически связанных между собой, сконцентрированных на одной территории, и включает предприятия по добыче сырья, завод полукоксования, котельную, химическое предприятие по переработке золошлаков от сжигания отходов пиролиза, а также предприятие по получению рудного сырья и строительных материалов.

Рассмотрим материальный баланс кластера, включающего добычу и переработку угля в объеме, например, 1 млн т в непосредственной близости от места разработки (рис. 3).

Сапропелитовый уголь содержит ценные компоненты и химические элементы в промышленно значимых концентрациях Mo, Nb, Rb, Y, TiO_2, Fe_2O_3 (в пересчете на зольность рабочей массы) [9]. Его переработка на заводе полукоксования методом пиролиза позволит получить смолу, пирогенетическую воду, топливный газ и полукокс. Полукокс содержит 31,36 % углерода (зауглероженная зола), что является достаточно низкой величиной, соответствующей низкокалорийному топливу. Поэтому его можно направить на углесжигающее предприятие, например, промышленную котельную, оснащенную промышленными котлами с топками низкотемпературного кипящего слоя (КПД 0,8-0,85). Характерной особенностью таких топок является равенство температуры по высоте слоя, что позволяет сжигать этим способом любое, даже с низкой теплотой сгорания, топливо. Тепловую энергию в виде водяного пара, горячей воды или горячего воздуха используют на удовлетворение нужд производств внутри кластера, а излишки могут быть реализованы в качестве товарного продукта.

В процессе выработки тепловой энергии из топок котельных агрегатов будут удалены очаговые (шлакозоловые) остатки, которые можно считать рудным концентратом, поскольку в них будут содержаться ценные компоненты и химические элементы. Для их извлечения очаговые остатки необходимо направлять на высокоградиентную магнитную сепарацию для выделения магнитной (парамагнитной) и немагнитной фракций. При этом полученный магнитный рудный концентрат будет содержать оксиды Fe_2O_3, TiO_2 и ценные химические элементы (Rb, Mo, Nb, Y). Немагнитная фракция, примерно на 70 % состоящая из SiO_2 и CaO, может быть использована для производства строительных материалов.

Таким образом, организация основных процессов (от добычи угля до получения товарного продукта) в рамках энергохимического кластера позволит создать эффективное, экологически чистое малоотходное производство. При этом потребительская стоимость получаемой товарной продукции (смола, пирогенетическая вода, топливный газ, тепловая энергия рудный концентрат, строительные материалы) будет значительно выше стоимости сырого высокозольного угля.

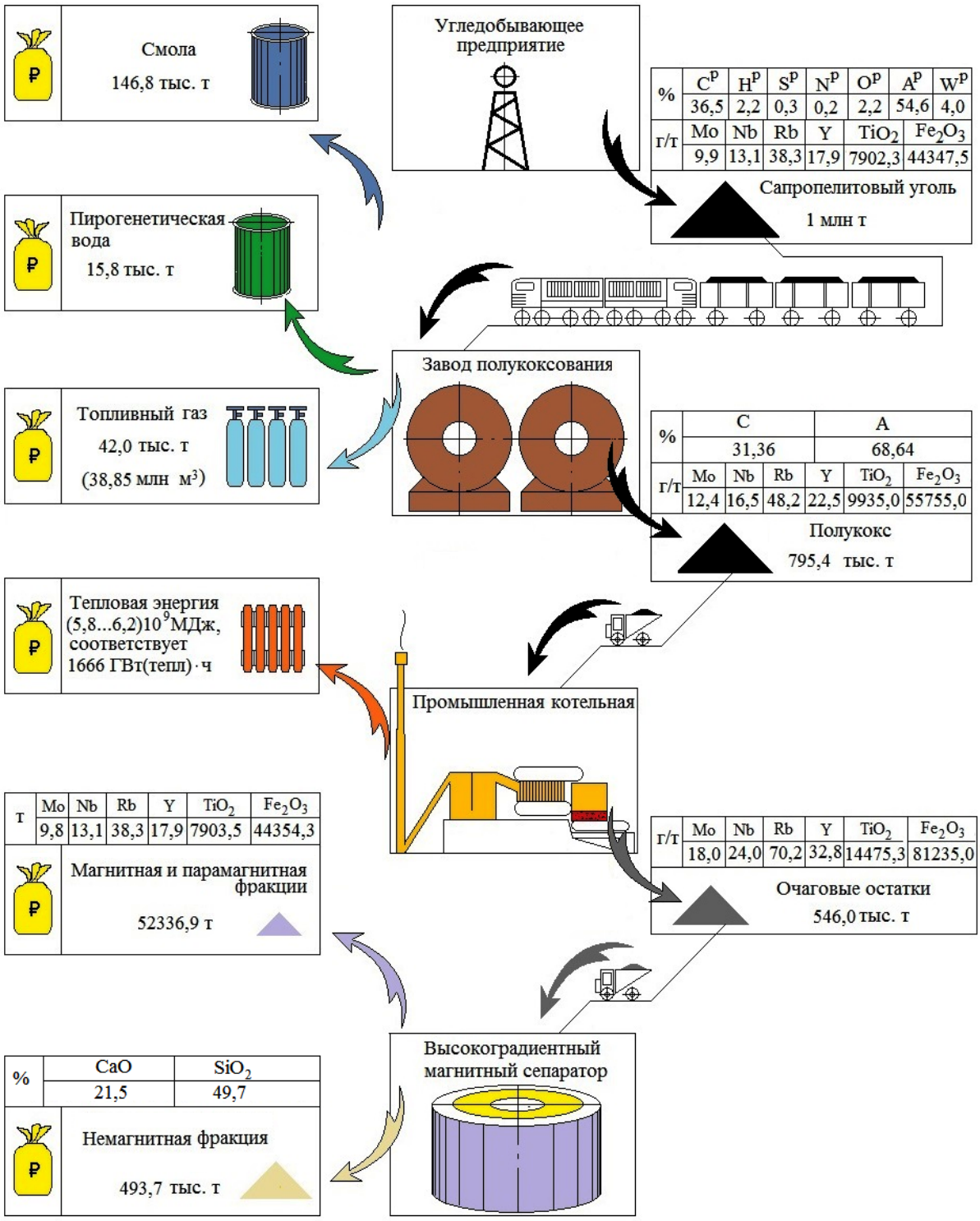

Рисунок 3. Материальный баланс энергохимического кластера Барзасского месторождения сапропелитовых углей.

Figure 3. Material balance of energy and chemical cluster of the Barzas deposit sapropelite coals.

ЛИТЕРАТУРА

1. Угольная база России. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). М.: ЗАО «Геоинформцентр», 2003. Т. II. 604 с.
2. Jones J. C. Mini Review Sapropel as fuel: A further Perspective // Research Journal of Chemical Sciences // International Science Congress Association. 2015. Vol. 5(6), 79, June. URL: http://www.isca.in/rjcs/Archives/v5/i6/15.ISCA-RJCS-2015-081.pdf
3. Subba Rao D. V., Gouricharan T. Coal Processing and Utilization. London: Taylor & Francis Group, 2016. 508 p. URL: https://www.crcpress.com/Coal-Processing-and-Utilization/Rao-Gouricharan/p/book/9781138029590#googlePreviewContainer
4. Dyni John R. Geology and resources of some world oil-shale deposits. Scientific Investigations Report 2005–5294 (PDF) (Report). United States Department of the Interior, United States Geological Survey. 2006. URL: https://pubs.usgs.gov/sir/2005/5294/pdf/sir5294_508.pdf
5. A study on the EU oil shale industry – viewed in the light of the Estonian experience, 2007. A report by EASAC to the Committee on Industry, Research and Energy of the European Parliament. URL: http://www.easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Study.pdf
6. Speight James G. Shale Oil Production Processes. Gulf Professional

Pub-lishing. 2012. 200 p. URL: https://books.google.ru/books?id=MeF-43dYp_4YC&hl=ru
7. Уланов Н. Н. Состав, свойства и возможные пути нетопливного использования углей Барзасского месторождения // Химия твердого топлива. 1992. № 5. С. 17–25.
8. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1: 200000. Изд. 2-е. Сер. Кузбасская. Лист № 45-III (Кемерово): объяснит. записка / ред. А. Э. Изох. СПб.: Запсибгеолсъемка, 2001. 238 с.
9. Патраков Ю. Ф., Кузнецова Л. В., Анферов Б. А. Концепция рационального использования высокозольных твердых горючих ископаемых // Безопасность труда в промышленности. 2015. № 2. С. 38–40.
10. Жаров Ю. Н., Мейтов Е. С., Шарова И. Г. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: справочник. М.: Недра, 1996. 238 с.
11. Кузнецова Л. В., Анферов Б. А. Информационно-логическая систематизация и совершенствование технологий разработки угольных пластов. Кемерово: Кузбассвузиздат, 2001. 151 с.
12. Сапропелиты Барзасского месторождения Кузбасса / Г. И. Грицко [и др.]. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011. 126 с.
13. Нифантов Б. Ф., Артемьев В. Б., Ясюченя С. В. и др. Геохимическое и геотехнологическое обоснование новых направлений освоения угольных месторождений Кузбасса. М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2014. Т. 1. Кн. 4. 536 с.
14. Ketels C., Protsiv S. Methodology and Findings Report for a Cluster Mapping of Related Sectors. Stockholm: Stockholm School Economics, 2014. URL: http://ec.europa.eu/growth/smes/cluster/observatory/d1.2-cluster-mapping-report.pdf
15. Патраков Ю. Ф., Кузнецова Л. В., Анферов Б. А. Дмитриевское месторождение горючих сланцев Кузбасса – перспективы комплексного освоения // Вестник КузГТУ. 2016. № 4. С. 33–43.

Поступила 2 октября 2017 г.

DOI 10.21440/2307-2091-2018-1-62-67

Barzas deposit sapropelite coals: prospects of integrated development

Lyudmila Vasil'evna Kuznetsova,
lvk@icc.kemsc.ru
Boris Alekseevich Anferov,
b.anferov@icc.kemsc.ru
Yuriy Fedorovich Patrakov
yupat@icc.kemsc.ru
The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Kemerovo, Russia

The urgency of the problem. Sapropelite coals of the Barzas deposit of Kuzbass are good raw materials for producing liquid fuel, lubricating oils, paraffin, etc. Apart from that, they are enriched with molybdenum, niobium, rubidium, yttrium and titanium. The content of these deposits is higher than the minimal content, which determines the industrial importance of coal as a source of ore raw materials. However, until now, the field is not being developed because of the economic inexpediency and the lack of a solution to the problem of recycling of incineration and semi-coking waste, which have high ash content and a large volume.
The purpose of the study: to develop the concept of integrated development of the Barzas sapropelite coal deposit on the basis of creating efficient, environmentally friendly and low-waste production.
Research methodology. The analysis of geological and mining conditions of the formation, which is called the Main, the results of its geochemical studies of existing technologies of mining and processing the high-ash solid fuels. The promising areas of their development were also considered. Cluster approach to the development of sapropelite coal deposits.
Results. Coal mining at the sites with different geological conditions can be carried out with openly-underground mobile means of mechanization. The First mine field can be developed by the underground way on the development system called "Long poles along the strike". This can be attained by means of the comprehensive mechanization of the Second mine field. Also, "Long poles along strike, take out the strips by the drop" are combined sections of a mechanized roof support with mobile means of cutting and transportation of coal – the Third mine field. The energy-chemical cluster of the Barzas deposit of sapropelite coals is a complex of the enterprises, which are technologically connected among them. They are concentrated on the same territory, which includes the enterprises for extraction of coal, semi-coking plant, boiler room, the chemical enterprise for processing of ash-slag from burning of waste of pyrolysis. The enterprise for receiving ore raw materials and construction materials are also among them.
Summary. The organization of the main processes (from coal mining to commercial production) within the framework of the energy chemical cluster will create an efficient, environmentally friendly and low-waste production. The consumer value of the obtained commodity products (resin, pyrogenetic water, fuel gas, thermal energy, ore concentrate and building materials) will be much higher than the cost of raw high-ash coal.

Keywords: Kuzbass; Barzas deposit sapropelite coals; coal mining; open and underground method; underground fashion; polyoxetanes; waste management; energy and chemical cluster.

REFERENCES

1. 2003, *Ugolnaya baza Rossii. Ugolnyye basseyny i mestorozhdeniya Zapadnoy Sibiri (Kuznetskiy. Gorlovskiy. Zapadno-Sibirskiy basseyny; mestorozhdeniya Altayskogo kraya i Respubliki Altay)* [The coal base of Russia. Coal basins and deposits of West Siberia (Kuznetsky, Gorlovsky, West-Siberian basins; the deposits of the Altai krai and Republic of Altai). Moscow, vol. II, 604 p.
2. Jones J. C. 2015, Mini Review Sapropel as fuel: a further Perspective. *Research Journal of Chemical Sciences*. International Science Congress Association, vol. 5 (6), 79, June. URL: http://www.isca.in/rjcs/Archives/v5/i6/15.ISCA-RJCS-2015-081.pdf
3. Subba Rao D. V., T. Gouricharan 2016, Coal Processing and Utilization. London, 508 p. URL: https://www.crcpress.com/Coal-Processing-and-Utilization/Rao-Gouricharan/p/book/9781138029590#googlePreviewContainer
4. Dyni John R. 2006, Geology and resources of some world oil-shale deposits. Scientific Investigations Report 2005-5294 (PDF) (Report). United States Department of the Interior, United States Geological Survey. URL: https://pubs.usgs.gov/sir/2005/5294/pdf/sir5294_508.pdf
5. 2007, A study on the EU oil shale industry – viewed in the light of the Estonian experience. A report by EASAC to the Committee on Industry, Research and Energy of the European Parliament. URL: http://www.easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Study.pdf
6. James G. 2012, Speight Shale Oil Production Processes. Gulf Professional Publishing. 200 p. URL: https://books.google.ru/books?id=MeF43dYp_4YC&hl=ru
7. Ulanov N. N. 1992, *Sostav, svoystva i vozmozhnyye puti netoplivnogo ispolzovaniya ugley Barzasskogo mestorozhdeniya* [Composition, properties and possible ways for non-fuel use of coal Barzas field]. *Khimiya tverdogo topliva* [Solid Fuel Chemistry], no. 5, pp. 17–25.
8. 2001, *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1: 200000. Izd. 2-e. Ser. Kuzbasskaya. List № 45-III (Kemerovo): obyasnit. zapiska / red. A. E. Izokh* [State geological map of the Russian Federation scale 1: 200000. Ed. 2nd. Series Kuzbasskaya. Sheet No. 45-III (Kemerovo): explanation note. Edited by A. E. Izokh]. St. Petersburg, 238 p.
9. Patrakov Yu. F., Kuznetsova L. V., Anferov B. A. 2015, *Kontseptsiya ratsionalnogo ispolzovaniya vysokozolnykh tverdykh goryuchikh iskopayemykh* [The concept of the rational use of high-ash solid fuels] *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Labor safety in industry], no. 2, pp. 38–40.
10. Zharov, Yu. N., Matov E. S., Sharov, I. G., 1996, *Tsennyye i toksichnyye elementy v tovarnykh uglyakh Rossii: spravochnik* [Valuable and toxic elements in commercial coal of Russia: a reference book]. Moscow, 238 p.
11. Kuznetsova L. V., Anferov B. A. 2001, *Informatsionno-logicheskaya sistematizatsiya i sovershenstvovaniye tekhnologiy razrabotki ugol'nykh plastov* [Information and logical systematization and improvement of coal beds development technologies]. Kemerovo, 151 p.
12. Gritsko G. I. and others. 2011, *Sapropelity Barzasskogo mestorozhdeniya Kuzbassa* [The sapropelites of the Barzas field of Kuzbass]. Novosibirsk, 126 p.
13. Nifantov B. F., Artemiev V. B., Yasyuchenya S. V., and others. 2014, *Geokhimicheskoye i geotekhnologicheskoye obosnovaniye novykh napravleniy osvoyeniya ugolnykh mestorozhdeniy Kuzbassa* [Geochemical and geotechnical substantiation of new directions of development of coal deposits in Kuzbass]. Moscow, vol. 1, book 4. 536 p.
14. Ketels C., Protsiv S. 2014, Metrology and Findings Report for a Cluster Mapping of Related Sectors. Stockholm: Stockholm School Of Economics. URL: http://ec.europa.eu/growth/smes/cluster/observatory/d1.2-cluster-mapping-report.pdf
15. Patrakov Y. F., Kuznetsova L. V., Anferov B. A. 2016, *Dmitriyevskoye mestorozhdeniye goryuchikh slantsev Kuzbassa – perspektivy kompleksnogo osvoyeniya* [Dmitrievsky oil shale Deposit in Kuzbass – the prospects of integrated development]. *Vestnik KuzGTU* [Bulletin KuzSTU], no. 4, pp. 33–43.

Received 2 October 2017