УДК 622. 33

Б.Ф. Нифантов, Б.А. Анферов, Л.В. Кузнецова

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В ГОРНУЮ МАССУ ПРИ СЕЛЕКТИВНОЙ ВЫЕМКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

В кузнецких углях обнаружено более 60 химических элементов, содержания которых, частично удовлетворяют современным постоянным или временным кондициям на извлечение из продукции и отходов. Наиболее значительными критериями потребительской ценности углей, пригодных для глубокой переработки, являются высокие (кондиционные) содержания главных (рис. 1) или примесных химических элементов (рис. 2) для их комплексного или индивидуального извлечения. Рассматривается также пригодность вторичного сырья для переработки в цемент, песок, иные минеральные продукты, изделия. Наличие эффективных технологий передела ещё не означает необходимости организации производства продукции. Последнее при удовлетворяющих технологиях определяется спросом и получением прибыли от реализации новой продукции. Новая генеральная потребность использования углей и остаточных продуктов заключена не только в известной тенденции получения набора минеральных продуктов– металлов, соединений, коагулянтов, концентратов, комплексов сырьевых компонентов, но, в значительной мере, в социальной и экологической необходимости осуществления процессов глубокой переработки избранного вида отходов или углей.

В петрографическом наборе пород бассейна, кроме углистых песчаников, алевролитов, аргиллитов, нередко встречаются почти мономинеральные породы в виде желваков и пластообразных жил, представленных карбонатами кальция, магния и железа. Породы также содержат в различных частях бассейна значительные количества фосфора, могут быть окремнены, аллитизированы. Все эти и другие факты свидетельствуют о выраженной химической дифференциации и концентрации вещества, происходившей как в период осадконакопления, так и после него. Таким образом, породы бассейна и пласты углей могут являться носителями рудных концентраций различных химических элементов с различной природой концентрирования.

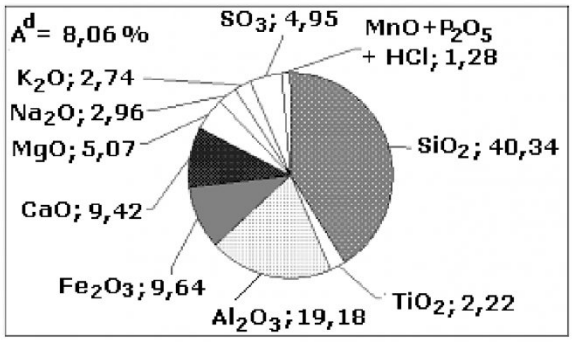
Рудные содержания элементов в каменных углях нередко следует причислять к деятельности (результату) аллогенных процессов элементонакопления таких как низкотемпературные гидротермальные, метасоматические, контактово-термальные при внедрении и остывании интрузий (с образованием силлов, даек, других форм тел) в ходе истории магматической деятельности, холодной дегазации [1]. Аналогичные по химизму процессы реализовались при естественном выгорании угольных пластов или угольно-породных отвалов. Перечисленное подтверждается примерами максимальных и рудных содержаний в зольной компоненте углей. К таким показателям могут быть отнесены вычисленные для золошлакового материала (ЗШМ) рудные содержания алюминия – 22,3 %; 42,1 % Al_2O_3, железа – 52,8 %, а также Li, Be, Ga, Ge, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ag, La и суммы редкоземельных элементов, Au, Th, U. Эти и другие изученные нами элементы составляют геохимическую ассоциацию ценных и токсичных элементов [2]. Поиски их в угленосной толще и в пластах углей привели к открытию новых металлоносных объектов добычи. Учитывая изложенное, следует пересмотреть и заново изучить соответствующие продукты, сырье, накопленные отходы горных, обогатительных, коксохимических, металлургических предприятий, тепловых электростанций в Кузбассе и в других регионах России, где в течение длительного времени потреблялись кузнецкие угли в значительных количествах и накоплены соответствующие минеральные отходы.

Поисковые работы рекомендуется направить в ближайшем будущем на выявление и оценку Pt, Pd, Rh, Ir, Os, Ru и In, Te, Re. При этом, вероятно, следует обратить внимание на особенности преимущественного вхождения в относительно маломощные пласты Li, Sn, Sb, Cs, Sm, Eu, Lu, Hf, W (?), Ag, Hg, Th, U. В пластах с максимальными мощностями следует ожидать высоких содержаний Al, Zn, Ge, Ag, Cd, Bi. Связь осредненных показателей с повышенной плотностью углей (1,50 г/см^3 при зольности 16,67 %) обнаружена для золота по 79 пробам (при средних значениях, г/т: 0,72; 0,92; 0,1; 0,07).

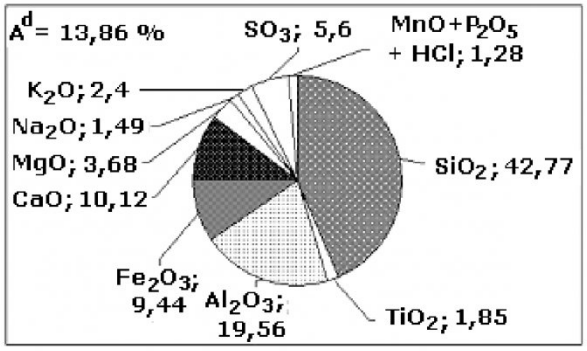
Элементы-примеси сосредоточиваются в определенных участках пласта (в прослое, в прикровельной или припочвенной пачке, в виде линз, вкраплений, включений и т.д.). Добыча этих полезных ископаемых совместно с вмещающим углем ведет к их разубоживанию, а обогащение всего объема добытой горной массы ведет к излишней загрузке оборудования, повышению затрат, увеличению потерь элементов-примесей [3].

Повышение эффективности добычи угля из пластов, содержащих повышенные концентрации элементов-примесей, и попутной добычи ценных и/или токсичных элементов-примесей возможно за счет инструментального контроля состава горной массы на выходе из очистного забоя и соответствующего этому составу разделению потоков горной массы перед его выдачей на склад [4].

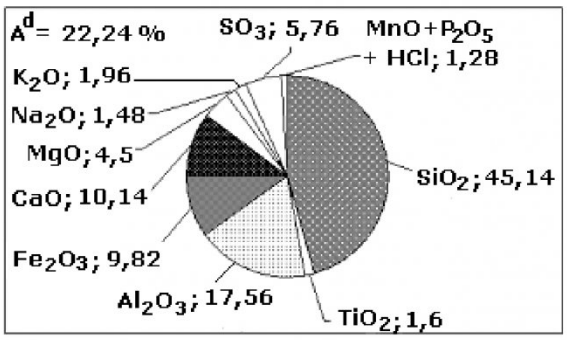
Технология может быть реализована при комплексно-механизированной добыче угля следующим образом (рис. 3). В выемочном поле угольного пласта, содержащего прослой ценного полезного ископаемого в виде элементов-примесей, подготавливают длинный выемочный столб по простиранию пласта проведением главных воздухоподающего 1, конвейерного 2 и вентиляционного 3 уклонов (или бремсбергов), конвейерного 4 и вентиляционного 5 штреков, которые на фланге столба сбивают монтажной камерой. В монтажной камере монтируют механизированный комплекс, состоящий из очистного комбайна 6, забойного конвейера 7 и секций механизированной крепи 8. В конвейерном штреке монтируют ленточный телескопический конвейер 9 и загрузочное устройство 10, позволяющее перегружать отбитую горную массу с забойного конвейера 7 на штреко-



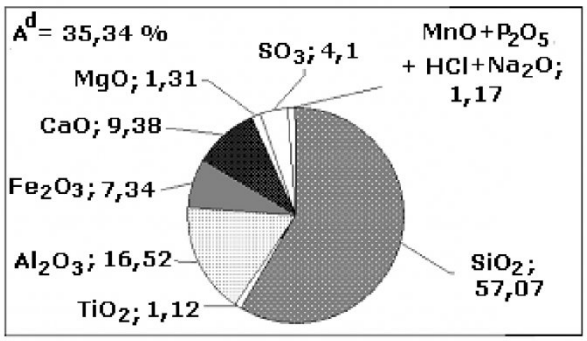
А. Распределение главных компонентов в золах кузнецких углей A^d = 8,06 %



Б. Распределение главных компонентов в золах кузнецких углей A^d = 13,86 %



В. Распределение главных компонентов в золах кузнецких углей A^d = 22,24 %



Г. Распределение главных компонентов в золах кузнецких углей A^d = 35,34 %

Рис. 1. Распределение средних содержаний главных компонентов (SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, K_2O, Na_2O и др.) в запасах кузнецких углей при средних показателях зольностей A^d, вычисленных по пределам, %: A^d=8,06 (7,29-8,44); 13,86 (12,14-17,55); 22,24 (18,60-23,80); 35,34 (32,80-37,42)

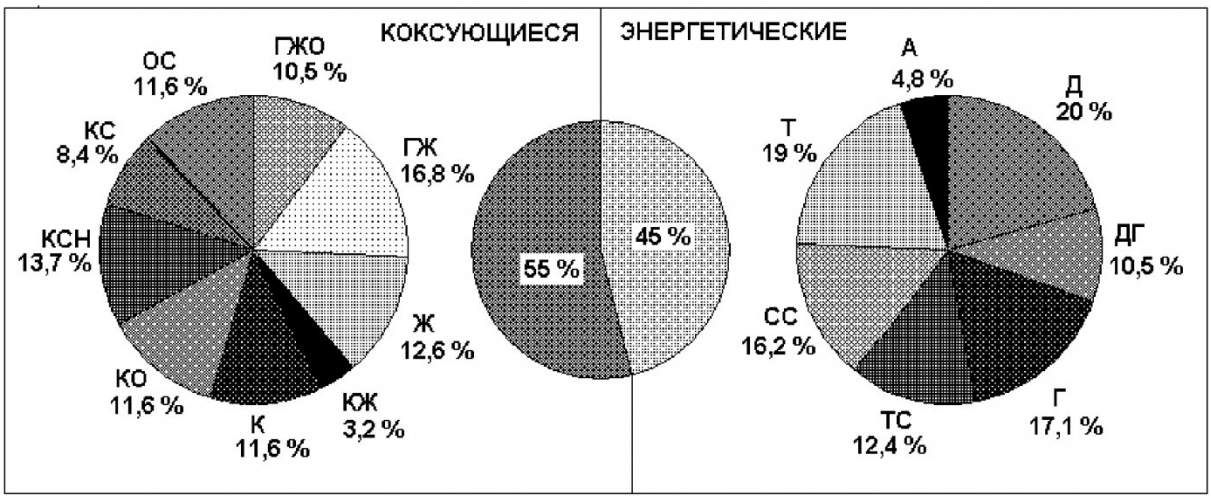


Рис. 2. Доли участия сумм элементов-примесей в геохимическом их распределении по маркам коксующихся и энергетических кузнецких углей, антрацита

вый конвейер 9. В конвейерном уклоне (бремсберге) 2 устанавливают магистральный ленточный конвейер 11 и настилают рельсовый путь 12 для организации рельсового транспорта горной массы и вспомогательных материалов. На сопряжении ленточного конвейера 9 с магистральным конвейером 11 устанавливают загрузочное устройство 13 для организации перегрузки горной массы со штрекового конвейера на магистральный, а на сопряжении конвейера 9 с рельсовым путем 12 устраивают перегрузочное устройство 14 и устанавливают плужковый сбрасыватель 15 для организации пересыпа горной массы с ленты конвейера 9 в вагонетки 16. Над штрековым конвейером 9, недалеко от сопряжения штрека 4 с очистным забоем, монтируют излучатели и датчики 17 контроля состава горной массы, находящейся на грузовой ветви ленты конвейера 9. Их может быть один, два, три и т.д. в зависимости от предполагаемого ассортимента элементов-примесей, выявленных в данном угольном пласте и попутная добыча (последующее выделение из отбитого угля или отходов его переработки и потребления) которых экономически или экологически оправдана. Каждый из датчиков 17 настроен на идентификацию одного из элементов определенной группы элементов-примесей и связан с соответствующим исполнительным механизмом, расположенным в узле разделения потоков. Например, первый датчик по ходу несущей ветви ленты конвейера 9 настроен на идентификацию радиоактивных элементов и связан с приводом управления плужкового сбрасывателя 15 по углу поворота в одну сторону и высоте, а также с течкой перегрузочного устройства 14 с той же стороны; датчик второй настроен на идентификацию благородных металлов и связан с приводом поворота плужкового сбрасывателя 15 в другую сторону и высоте, а так же с течкой перегрузочного устройства 14 с другой стороны; датчик третий настроен на идентификацию компонентов, являющихся комплексным минеральным удобрением, и связан с приводом другого плужкового сбрасывателя (на схеме не показан); датчик четвертый – на токсичные компоненты. При этом заранее устанавливают приоритеты срабатывания приводов исполнительных механизмов. Например, срабатывание датчика-идентификатора радиоактивных элементов блокирует цепь управления приводами механизмов, управляемых датчиком-идентификатором, настроенным на драгоценные металлы и т.п.

Селективная выемка угольного пласта, содержащего включения элементов-примесей (прогнозируемых результатами геологоразведки) осуществляется в следующем порядке. Очистной комбайн 6, вынимает и грузит горную массу на забойный конвейер 7. Забойный конвейер 7 транспортирует ее к конвейерному штреку 4, где через загрузочное устройство 10 перегружает на ленту штрекового конвейера 9. Датчики-идентификаторы 17 контролируют содержание в транспортируемой горной массе химических элементов. При этом приоритет отдан датчику, идентифицирующему более ценный компонент, на-

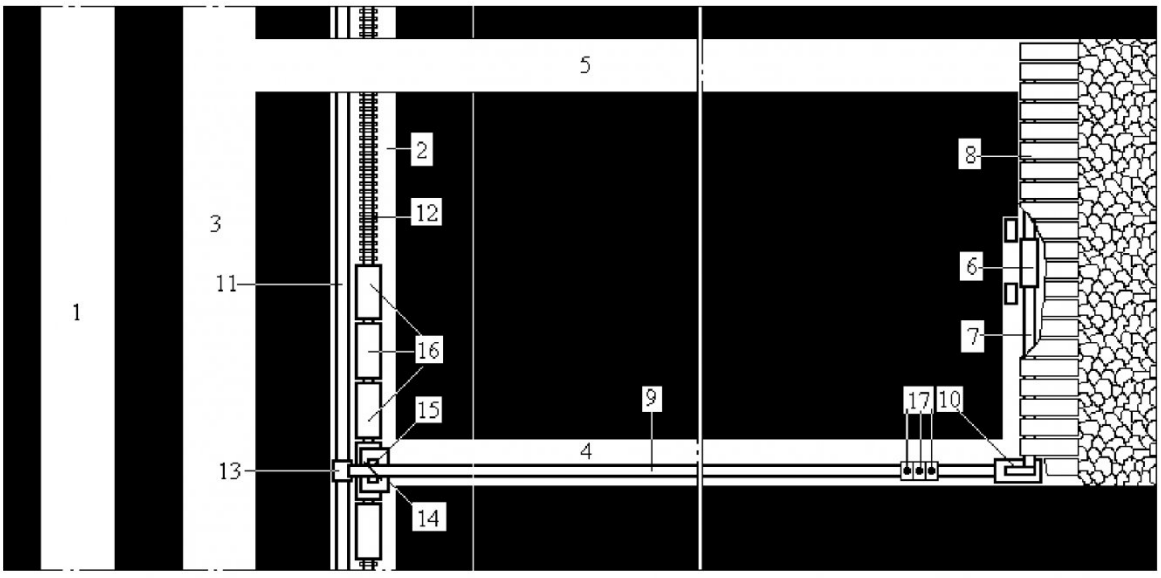


Рис. 3. Технологическая схема селективной выемки угольного пласта
1 – главный воздухоподающий уклон; 2 – главный конвейерный уклон; 3 – главный вентиляционный уклон; 4 – конвейерный штрек; 5 – вентиляционный штрек; 6 – очистного комбайна; 7 – забойный конвейер; 8 – секции механизированной крепи; 9 – ленточный телескопический конвейер; 10 – загрузочное устройство; 11 – ленточный конвейер; 12 – рельсовый путь; 13 – загрузочное устройство; 14 – перегрузочное устройство; 15 – плужковый сбрасыватель; 16 – вагонетки; 17 – излучатели и датчики контроля состава горной массы

пример, радиоактивные элементы. Штрековый конвейер 9 транспортирует горную массу к конвейерному уклону (бремсбергу) 2. На сопряжении штрека 4 с конвейерным уклоном (бремсбергом) 2 горная масса с ленты конвейера 9 перегружается на ленточный конвейер 11 магистральной выработки 2, которым выдается на поверхность и далее – на склад.

При появлении в транспортируемой горной массе включений с повышенным содержанием, например, радиоактивных элементов срабатывает соответствующий датчик-идентификатор 17; его сигнал поступает в систему управления приводов плужкового сбрасывателя 15. С задержкой по времени, соответствующей скорости движения ленты конвейера 9 и расстоянию транспортирования, плужковый сбрасыватель 15 занимает крайнее нижнее положение и сбрасывает горную массу в одну сторону с ленты конвейера 9 в перегрузочное устройство 14, откуда она через соответствующую течку поступает в вагонетки 16, замену которых осуществляет насыпщик известным способом. При обратном срабатывании датчика-идентификатора 17 с соответствующей задержкой во времени осуществляется обратное же срабатывание исполнительного привода плужкового сбрасывателя 15.

При появлении в транспортируемой горной массе повышенного содержания, например, ценных элементов срабатывает один из соответствующих датчиков-идентификаторов 17. Результатом его воздействия на систему управления плужковым сбрасывателем станет поворот плужка на 90 градусов и занятие им крайнего нижнего положения; горная масса будет сбрасываться в противоположную сторону от оси ленты конвейера 9 и поступать в другой карман перегрузочного устройства 14. Насыпщик, извещенный о срабатывании датчика-идентификатора 17 на ценные элементы, обеспечивает подачу на перегрузку порожних вагонеток.

Таким образом, использованием датчиков-идентификаторов, установленных в начале транспортной цепочки горной массы, их ранжированием по приоритетам и включением в цепь управления приводами исполнительных механизмов достигается разделение горной массы на два, три и более транспортных потоков с повышенным содержанием тех или иных элементов-примесей, следовательно – раздельная выдача полезных ископаемых на склад. При этом селективность добычи угля встроена в традиционный технологический процесс комплексно-механизированной добычи угля.

Привлекательность данной технологии состоит в том, что на существующих шахтах в конвейерных уклонах (бремсбергах) обязательно укладываются рельсовые пути для организации транспорта вспомогательных материалов, технология пересыпа отбитого полезного ископаемого с ленты конвейера в вагонетки отработана многолетним опытом ее использования на угольных шахтах; она требует незначительных дополнительных капитальных затрат на автоматизацию и позволяет в условиях подземного предприятия разделить транспортные потоки из одного забоя с выдачей двух и более потоков горной массы на поверхность без снижения нагрузки на очистной забой по углю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Песков Е. Г.* Геологические проявления холодной дегазации Земли. – Магадан: СВК НИИ ДВО РАН, 2000. – 279 с.

2. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: Справочник; под ред. Ю. Н. Жарова и др. – М.: Недра, 1996. – 238 с.

3. *Анферов Б.А., Кузнецова Л.В.* Проблемы и перспективы комплексного освоения угольных месторождений Кузбасса. – Кемерово: ИУУ СО РАН, 2009. – 243 с.

4. *Нифантов Б.Ф., Анферов Б.А., Кузнецова Л.В.* Способ селективной выемки угольного пласта. Положительное решение ФИПС на выдачу патента РФ на изобретение по заявке № 2009116307 от 28.04.2009.

Авторы статьи:

Нифантов
Борис Федорович
– канд. геол.-минерал. наук, с. н. с. лаборатории геоинформационного и математического моделирования систем и процессов угледобычи Института угля и углехимии СО РАН
Тел.: 8-905-906-0610.

Анферов
Борис Алексеевич
– канд. техн. наук, с. н. с. лаборатории геотехнологии освоения угольных месторождений Института угля и углехимии СО РАН, доц. кафедры стационарных и транспортных машин КузГТУ
Тел.: 8-906-989-5508

Кузнецова
Людмила Васильевна
– канд. техн. наук, с. н. с. лаборатории геотехнологии освоения угольных месторождений Института угля и углехимии СО РАН
Email: : lvk@icc.kemsc.ru