

РТУТЬ В УГЛЯХ БЕЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНУСИНСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

В.В. Еремеева

Научные руководители: профессор С.И. Арбузов, доцент Н.А. Осипова
Национальный исследовательский «Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

Ртуть – это химический элемент, который находится в конце периодической системы (№80), кларк его в каменных углях 0,1 г/т [2]. Ртуть технофильна, присутствует во всех компонентах окружающей среды, имеет множество форм нахождения, что сильно затрудняет ее изучение. Металл является супертоксичным даже в очень низких концентрациях. Высокая подвижность ртути в окружающей среде определяется ее физическими и химическими особенностями, большим количеством форм нахождения и их взаимопереходами при изменении Ph и Eh среды [2, 3].

Целью данной работы является изучение среднего содержания, закономерностей распределения и форм нахождения ртути в каменных углях Бейского месторождения Минусинского бассейна.

Бейское каменноугольное месторождение расположено в южной части Минусинского угольного бассейна в центральной части Южно-Минусинской межгорной впадины [1]. В административном отношении оно находится на территории Бейского и Алтайского районов Республики Хакасия. Район экономически развит. Ближайшие промышленные центры, расположенные в 45 км от участка – города Абакан и Саяногорск, которые имеют хорошо развитую инфраструктуру (железнодорожная ветка и асфальтированные автодороги).

Участок Аршановский, откуда были привезены материалы для исследований, расположен в западной части северного крыла Бейской мульды, которая имеет простое геологическое строение. Согласно «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом МПР РФ № 278 от 11.12.2006 г., данный участок приурочен к простой складчатой структуре с выдержанными элементами залегания продуктивных отложений и преобладанием в разрезе выдержанных угольных пластов с простыми горно-геологическими условиями разработки, относится к I группе.

В настоящее время вскрыто и отрабатывается 12 угольных пластов. Угли каменные марки Д, энергетические. Содержание золы в углях Бейского месторождения изменяется в значительных пределах: от 3,9 до 31,1%. Средняя зольность угольных пластов составляет 12,6%. Наименьшая зольность отмечается в пластах 17 (3,9%) и 18 (6,4%), а наибольшая зольность – от 21 до 31% в пластах 19-19б соответственно.

Для определения содержания ртути в углях Бейского месторождения в 2014 - 2017 годах было выполнено опробование угольных пластов в пределах Восточно-Бейского и Аршановского угольных разрезов. Всего было отобрано 260 проб угля и углевмещающих пород. Все пробы были истерты до 200 меш и изучены на ртутном анализаторе «РА – 915+» с приставкой «Пиро-915+». Метод основан на восстановлении до атомарного состояния содержащейся в пробе связанной ртути методом пиролиза и последующем переносе образовавшейся атомарной ртути из анализатора в аналитическую кюветку воздухом. При определении массовой доли ртути в твердых объектах для градуировки использовали стандартные образцы Premium JCRM ES-6 (Сатт.=24±7 мкг/кг, Сизм.=20±10,8 мкг/кг); Premium JCRM ES-2 (Сатт.= 116±4 мкг/кг, Сизм.=121±29 мкг/кг). Навески проб для исследований составили 50-70 мг. Границы относительной погрешности измерений составили 20-28 %, в зависимости от массовой доли ртути в образцах, при доверительной вероятности 0,95.

Полученные результаты определения содержания ртути в углях статистически обрабатывались и рассчитывались средние значения для угольных пластов и месторождения в целом. Для оценки содержания ртути в пластах была использована методика расчета средневзвешенного содержания с учетом мощности интервалов опробования [1]. Результаты исследований углей Бейского месторождения представлены таблице 1.

Таблица 1
Средневзвешенное содержание ртути и зольность угольных пластов Бейского каменноугольного месторождения

Номер пласта	Hg, мг/т	A ^d , %
15'	44,5	7,5
15	83,6	7,3
16'	30,1	8,2
16	28,5	10,6
16a	38,1	8,8
17'	32,9	11,0
17	51,8	3,9
18	85,8	6,4
18a	115,3	8,2
19	45,0	21,5
19a	58,6	26,3
19б	131,2	31,1
Среднее для месторождения	59,1	12,6

Распределение ртути в угленосных отложениях Бейского месторождения Минусинского каменноугольного бассейна крайне неравномерно. Величина среднего содержания ртути по пластам варьирует от 28,5 мг/т (пласт 16) до 131 мг/т (пласт 19б), тогда как среднее для месторождения составляет 59,1 мг/т, что почти в два раза меньше кларка (0,1 г/т). По результатам исследований, приведенных в таблице 1, мы видим, что среднее содержание ртути в пластах 18а и 19 превышает более чем в 2 раза среднее содержание ртути для месторождения. Для пластов 15', 16', 16, 16а, 17', 17, 19, 19а содержание ртути не превышает среднего значения для месторождения.

В разрезе пластов распределение ртути еще более неравномерно. В большинстве случаев отчетливо видна приуроченность высоких содержаний ртути к прикровельным и припочвенным его участкам. Также ртутью обогащены тонштейны, которые представляют из себя вулканогенные пирокластические горизонты в угольных пластах, преобразованные в условиях торфяной залежи в каолинитовые прослои относительно небольшой мощности. Содержание ртути в тонштейнах и притонштейных горизонтах в углях может достигать аномальных значений по сравнению с другими участками пласта.

В настоящее время атомная абсорбционная спектрометрия является основным методом определения форм нахождения ртути в угле. Изучение форм нахождения ртути в углях важно для лучшего понимания ее геохимии, в частности ее миграции и природы накопления в угле. Известно, что значительная часть ртути в производственных горизонтах угля аккумулярована в сульфидах, главным образом в пирите, FeS₂ [3].

Для определения форм нахождения ртути в каменных углях Бейского месторождения Минусинского бассейна была использована модификация приставки к анализатору ртути «РА-915», которая позволила измерять содержание ртути в образцах при их нагревании в режиме температурно-программированного нагрева. Это дает возможность разделять соединения ртути, связанные с поверхностью связями различной прочности. Режим регистрации термоформ следующий: температурный диапазон 25-850 °С, скорость нагрева 0,8 °С в сек., продолжительность нагрева 15 мин, реализуется с помощью программы «Рапид».

В термоспектре десорбции ртути с поверхности образцов углей и тонштейнов наблюдаются два слабо разрешенных пика. Сопоставление этих пиков с температурами разложения индивидуальных соединений ртути позволило предположить, что ртуть в образцах находится в сорбированной форме (T_{макс. пика}=250-290 °С) и в виде минеральных соединений (T_{макс. пика}=350-400 °С).

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- Среднее содержание ртути в угольных пластах составляет 59,1 мг/т, что в 2 раза ниже кларка для каменных углей.

- Ртуть в углях Бейского месторождения Минусинского каменноугольного бассейна имеет весьма неравномерный характер распределения. В угольных пачках ртутью в основном обогащены тонштейны и уголь в зоне контакта с ними.

- Изучение форм нахождения ртути в углях Бейского месторождения методом термодесорбции позволило предположить наличие двух форм нахождения ртути, а именно сорбционную и минеральную.

Литература

1. Арбузов С.И., Ершов В.В., Рихванов Л.П., Усова Т.Ю., Кяргин В.В., Булатов А.А., Дубовик Н.Е. Редкометалльный потенциал углей Минусинского бассейна. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. 347с.
2. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН. 2005. 655 с.
3. Mashyanov N.R., Pogarev S.E., Panova E.G. Determination of mercury thermospecies in coal // Fuel. 2017. Vol. 203. P. 973-980.