

МИНЕРАЛОГИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВИЗЕЙСКИХ УГЛЯХ ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

А. Ф. Исламов

Казанский государственный университет, г. Казань Albert.Islamov@ksu.ru

Бурное развитие аналитических методов в последние десятилетия привело к появлению большого количества новых данных о содержании редких элементов в ископаемых углях. Но при этом одним из важнейших и дискуссионным остается вопрос о формах их нахождения в веществе углей.

Объектом нашего исследования являются угли Камского бассейна, расположенного в Волго-Уральском регионе. Угольные пласты в его пределах связаны с визейскими отложениями, локализованными в изолированных эрозионно-карстовых врезках на древней поверхности турнейской карбонатной толщи. По марочному типу визейские угли гумусовые, по марочному составу относятся к каменным (марка Д), участками обладают свойствами бурых (БЗ) и характеризуются невысокой зольностью (15–26 %).

В визейских углях количественно определен комплекс элементов группы редких земель (РЗЭ), селена и тория, которые могут представлять интерес в качестве скрытых форм оруденения.

Результаты ранее проведенных исследований [Хасанов, 2006] свидетельствуют об их чрезвычайно неравномерном распределении, как в разрезе угольных пластов, так и в различных залежах. В разрезе угольных пластов распределение РЗЭ в целом подчиняется закономерности Зильберминца, которая устанавливает приуроченность концентрации редких элементов к приконтактовым участкам пласта. При этом зависимость от величины зольности и петрографического состава углей не наблюдается. Наиболее высокие концентрации обнаруживает цериевая группа (Ce, La, Nd, Pr), несколько повышено содержание Gd, Sm и Y. В различных угольных залежах разброс значений по отдельным элементам достигает двух-трех порядков, например Ce 0.02–178, La 0.02–72, Nd 0.02–86 г/т, но явных закономерностей в латеральной изменчивости распределения РЗЭ не выявлено. Содержание ряда элементов (Ce, La, Pr) в некоторых случаях достигает первых сотен г/т в пересчете на уголь, что позволяет говорить о редкоземельном оруденении в углях.

Нами рассматривалось поведение тория и селена в исследуемых углях. Эти элементы, как правило, не образуют геохимических аномалий. При этом следует отметить, что некоторое повышение концентраций этих элементов наблюдается в углях с меньшей степенью метаморфизма (БЗ).

Для выяснения характера распределения тория и селена были рассчитаны коэффициенты их корреляции (КК) между собой, зольностью и другими микроэлементами. Результаты анализа показали, что распределение тория и селена характеризуется довольно близким поведением (КК 0,46) и положительной корреляцией обоих элементов с фосфором. В этой связи следует отметить, что основные концентрации редких элементов в углях исследователи связывают обычно с минералами фосфора [Юдович, Кетрис, 2002]: монацит (Se,La) [PO₄], ксенотим Y[PO₄]*[Th,U,Se], крандалит HCaAl₃[AsO₄]₂(OH)₆. Большое количество редких элементов находятся в качестве примесей в глинистых минералах (каолинит, монтмориллонит, гидрослюда), слюдах и ПШ. По данным [Palmer, 1983] РЗЭ и Th находятся в углях в микроминеральных фазах пелитовой размерности – аутигенных РЗЭ-фосфатах и цирконе.

По результатам анализа корреляционных связей между зольностью углей и содержанием тория можно выделить две группы залежей:

- 1). Корреляционная связь высокая (Восточно-Пановская – 0.8; Сунчелеевская – 0.81; Егоркинская – 0.98) и
- 2). Корреляционная связь отсутствует (Южно-Нурлатская – –0.01; ряд более мелких залежей – 0.04; Мокшинская – 0).

По всей видимости, можно говорить о двух различных формах нахождения тория в углях. Очевидно, что в первом случае торий находится в минеральном веществе углей, во втором – в виде органических комплексов, где возможным концентратором являются гумусовые кислоты [Арбузов, Волостнов, 2003].

Коэффициент корреляции тория и фосфора показывает высокую положительную связь (0.92), что свидетельствует о нахождении тория в составе минералов фосфора.

В изученных пробах угля наблюдается интересная закономерность в распределении селена и фосфора. В залежах расположенных на западном и северном склонах ЮТС между этими элементами отмечаются отрицательные корреляционные связи (–0.57), тогда как в залежах восточного борта Мелекесской впадины – положительные (0.55). В пробах с высоким относительно фона содержанием фосфора падает концентрация селена и наоборот. Вероятно, это связано с нахождением селена в органической части угля, т.к. корреляция с зольностью также показывает отрицательные значения (–0.64). Более южные и более метаморфизованные (по показателю отражения витринита) угли показывают устойчивую положительную корреляционную связь селена и фосфора.

В корреляции селена с зольностью в одной группе залежей (Южно-Нурлатская, Мокшинская, Восточно-Пановская и др.) отмечается отрицательное значение коэффициента ($KK = -0.6$), а в другой (Сунчелеевская, Егоркинская) – положительное (0.74). Вероятно, это связано с различными формами нахождения селена в углях. В первом случае в виде $Se_{орг}$, а во втором – $Se_{глин}$.

Исследование визейских углей с помощью растрового электронного микроскопа и энерго-дисперсионного устройства показало, что к постоянным золообразующим элементам визейских углей относятся Si, Al, Fe, Ca, S, P, а также в качестве примесей присутствуют Cl, Ti, Zn. Самыми распространенными минералами в составе исследуемых углей являются глинистые минералы, из которых преобладает каолинит ($Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$). Визейское углеобразование происходило в жарком и влажном климате. В подобных условиях на прилегающих к торфяникам водосборах может протекать латеритный процесс и в составе терригенных минералов значительной становится доля каолинита [Юдович, Кетрис, 2002]. В результате, зола углей оказывается обогащена элементами-гидролизатами (Al, Fe, Ti, REE, в том числе Th).

Таким образом, проведенные исследования свидетельствует о концентрации редких элементов в углях в различных формах и в составе различных минералов. По всей видимости, это связано с осаждением редких элементов в веществе углей на различных стадиях углеобразования.

Литература

- Арбузов С. А., Волостнов А. В. Формы концентрирования тория в углях / Известия Томского политехнического университета, 2003. Т. 306. № 6. С. 12–17.
- Хасанов Р. Р. Геолого-геохимические факторы оруденения в палеозойских угленосных формациях центральной части Волго-Уральской антеклизы / Изв. вузов. Геология и разведка, 2006. № 2. С. 36–41.
- Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Неорганическое вещество углей. Екатеринбург: УрО РАН, 2002.
- Palmer C. A., Filby R. H. Determination and mode of occurrence of trace elements in the Upper Freeport coal bed using size and density separation procedure // Proc. Intern. Conf. Coal Sci. (August, 1983). Pittsburg, Pa: IEA, 1983. P. 365–368.