

ЦЕННЫЕ И ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В УГЛЕНОСНЫХ ВИЗЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРНОГО УЧАСТКА ЛЕЛЬЧИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БУРЫХ УГЛЕЙ

Концепция типоморфных элементов, основанная на расчётах их средних содержаний в углях и золах, рассматривает накопление элементов в углях как результат концентрационной (прижизненное накопление растениями-углеобразователями), барьерной (сорбционный и восстановительный барьеры) и средообразующей функций органических веществ. Элементы в углях могут быть связаны как с неорганическими компонентами (терригенная примесь и сорбция на глинах), так и с органической составляющей (прижизненная концентрация, сорбция и хемосорбция); увеличение содержания элементов в золах относительно вмещающих пород происходит за счёт форм, прямо или опосредованно связанных с органической составляющей углей. Все элементы в углях полиморфны и полигенетичны, но для каждого наиболее характерны одна или две главные формы концентрации [1, 2].

Распределение редких элементов (а в их числе — ценные и токсичные) в угленосных визейских отложениях (пластах угля, внутрипластовых прослоях, а также подстилающих и перекрывающих отложениях) на Северном участке Лельчицкого месторождения бурых углей изучено с использованием масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой (в УО «Гомельский государственный университет») (95 образцов, 29 элементов) и спектрального эмиссионного анализа в отделе физико-химических исследований Государственного предприятия «БелНИГРИ» (223 образца, 29 элементов).

Концентрации элементов в образцах из близких частей разреза и даже в одних и тех же образцах, определённые разными методами, заметно различаются, обнаруживая при этом общие тенденции в вариациях по разрезу и площади. Причинами этого являются как методико-аналитические проблемы, так и высокая изменчивость в распределении элементов в разрезе и по площади угленосных отложений.

Статистическая обработка аналитических данных производилась с подразделением на выборки по положению в разрезе относительно угольных пластов. Сформированы десять выборок: основной угольный пласт; нижний и верхний угольные пласты, на которые расщепляется основной угольный пласт; породы угольного ряда из верхней части визейского разреза; подстилающие и перекрывающие отложения; породы междупластий и внутрипластовых прослоев. Замеренные концентрации и средние¹ по выборкам содержания большинства элементов-примесей в углях, их золах и вмещающих породах невысоки и варьируют около их кларковых значений. Повышенные концентрации и рассчитанные по ним средние значения в угольных пластах и вмещающих породах установлены для Be, Mo, лантаноидов, Y, U, Th, Ta, Zr и Nb. По этим данным и коэффициентам концентрации² для каждой выборки построены графики степени концентрирования элементов в угольных пластах, вмещающих породах и внутрипластовых прослоях; графики в координатах «зольность углей — коэффициент концентрации элемента в угле и золе» и «концентрация элемента — глубина»; схематичные карты изоконцентрат и треугольные диаграммы составов лёгких, средних и тяжёлых лантаноидов. По скважинам построены графики вариаций коэффициентов концентраций микроэлементов в разрезе визейских угленосных отложений.

В целом, наиболее высокие средние коэффициенты концентрации всех определявшихся элементов установлены в угольных пластах, а среди вмещающих отложений — в породах, подстилающих основной и нижний угольные пласты, а также слагающих безугольные прослои внутри этого пласта. При этом в разрезе отдельных скважин обнаруживаются отклонения от среднестатистических закономерностей в распределении элементов: нередко наиболее высокие коэффициенты концентрации характеризуют угли верхнего пласта или углистые породы из верхневизейских отложений. В числе других основных статистических закономерностей необходимо отметить следующие.

1. Для всех пород угленосной визейской толщи на Северном участке месторождения повышенные и высокие концентрации и средние содержания характерны для Ta, Nb, U, лантаноидов, Zr, Mo и Th, а для угольных пластов — также Be, Y и, в отдельных случаях, Ga и Ge. В углях Северного участка особый интерес представляют Mo, U и лантаноиды.

2. Среди пород угольного ряда, слагающих основной, нижний и верхний пласты угля и прослои углистых пород в верхней части визейского разреза, наиболее высокие концентрации установлены в породах нижнего пласта; далее по убыванию величины коэффициентов концентрации следуют основной пласт и затем верхний пласт и, наконец, углистые породы из верхней части визейских отложений. Среди вмещающих пород наиболее высокие концентрации названных выше элементов выявлены в отложениях подстилающих основной или нижний угольный пласт и внутрипластовых прослоях этих пластов.

¹ Распределение концентраций элементов в выборках близко логарифмически нормальному, поэтому для каждой выборки рассчитано среднее геометрическое.

² Отношение содержания элемента в образце породы к его кларковому значению, в угле — к угольному и зольному кларку.

3. Известные закономерности предпочтительного концентрирования многих элементов, подвижных в слабокислой и окислительной среде, в приконтактных зонах и за пределами зоны пластового окисления, на Северном участке не устанавливаются: реальная картина сложнее, хотя отмеченная тенденция определённо прослеживается в деталях. Так, анализ распределения элементов в зависимости от глубины показывает, что наибольшие концентрации U, Mo и лантаноидов отмечаются в интервале 130—140 м — возможно, предельной глубины распространения здесь окисленных пород.

Mo является одним из самых типоморфных для углей элементов. Выделяют два типа накопления Mo в углях: сингенетический и эпигенетический. В сингенетическом Mo тяготеет к сапропелевым углям вследствие его склонности к комплексообразованию с азотистыми соединениями. Mo, захваченный в кислой среде органическим веществом, при повышении pH в диагенезе и появлении в среде H₂S способен частично или полностью перераспределяться в сульфиды. Концентрации Mo в сотни и более г/т (как на Северном участке) чаще обнаруживаются в выветрелых и окисленных углях, что даёт основание предполагать концентрирование этого элемента в процессе гипергенеза: углистые породы могут служить восстановительным и сорбционным барьером на пути движения кислородных молибденоносных вод. В таком процессе также может происходить накопление U, Se, Ag, иногда V, Pb, Ge. Mo по токсичности относят к высокоопасным; по российским нормам ПДК Mo в воде равна 0,5 мг/дм³ [1]. Токсичность Mo и его способность к образованию летучих соединений могут представлять экологическую проблему при сжигании углей; фракционирования молибдена между продуктами сжигания углей [2] показывает несколько типов распределения молибдена между золошлаками, твёрдыми уносами и газовой фазой в зависимости от разных факторов, в т. ч. формы нахождения Mo в углях. Доля эмиссии соединений Mo в атмосферу оценивается в среднем в 40—60 %. Таким образом, экологические аспекты использования углей с высоким содержанием Mo требуют внимательного рассмотрения.

Содержание лантаноидов в угленосных отложениях на Северном участке варьирует в широких пределах: минимальные концентрации суммы лантаноидов составляют первые десятки г/т, а максимальные достигают почти 7 000 г/т, причём в их составе во всех типах пород доминируют лёгкие лантаноиды. Наиболее высокие значения характерны для угольных пластов. Распределение в зависимости от зольности показывает обогащение лантаноидами высокозольных углей и углистых пород. С учётом особенностей миграции лантаноидов в природных водах (лёгкие мигрируют, в основном, в терригенной, средние — в сорбированной форме, а тяжёлые — в растворённом состоянии) можно предположить, что по мере удаления от источника лантаноидов — кор выветривания на Украинском щите (УКЩ) — доля лёгких TR возрастала за счёт осаждения средних и тяжёлых лантаноидов в результате существенных изменений гидрохимических (и гидрогеохимических) условий среды на площади торфонакопления. Судя по имеющимся данным, можно предполагать, что наибольшие концентрации TR будут приурочены к зольным углям, тонким угольным прослоям, контактам угольных пластов и вмещающих пород и участкам непосредственно за выклиниванием зон пластового окисления. Вместе с тем ожидать более высоких, чем в южной части Лельчицкой площади, концентраций TR, нет оснований.

Все породы визейских угленосных отложений на Северном участке отличаются повышенным содержанием U. Наиболее высокие концентрации отмечены в угольных пластах; в углистых породах верхней части визейского разреза, вмещающих породах и внутрипластовых прослоях они немного ниже. Высокие концентрации U характерны для углей и углистых пород в широком интервале зольности, но в наибольшей степени концентрируются в малозольных углях. Известно, что U присутствует в углях как в органической, так и в минеральной формах; это означает, что повышенными концентрациями U будут характеризоваться и золоотходы, и твёрдые уносы, и дымовые газы. Трёх-четырёхкратное превышение кларкового уровня U в углях делает их потенциально опасными для здоровья людей в случае сжигания углей в бытовых целях. На крупных ТЭС нормы для углей по U немного выше, но и в этом случае шестикратные превышения кларкового содержания U в углях вызывают озабоченность относительно возможности использования последних [2].

Наибольшие концентрации U сосредоточены на западных и северо-западных крыльях верхнего и нижнего пластов, где распределение его концентраций, вероятно, контролируется эпигенетической пластово-инфильтрационной зональностью. Среди рудных концентраций U выделяют два главных типа — сингенетический и эпигенетический. Последний в угленосных отложениях имеет промышленное значение: гидрогенные концентрации U, связанные с пластово-инфильтрационным процессом, контролируются проницаемостью и составом вмещающих пород, а также содержанием U в подземных водах и сопровождаются повышенными содержаниями TR, Be, Mo, и др.), накопление которых обусловлено пространственным совпадением на выклинивании зон пластового окисления восстановительного и нейтрализационного геохимических барьеров.

Таким образом, на Лельчицкой площади в течение длительного времени существовали условия, благоприятные для накопления редкоземельных и других редких элементов. К таким условиям относятся расположение в непосредственной близости к УКЩ с широко развитыми на нём каолиновыми корами выветривания по породам с повышенным содержанием TR; разветвлённая речная сеть, дренирующая область сноса и обеспечивающая проточность торфяных болот и широкое развитие процессов пластового окисления, маркируемого появлением в разрезе карбоновых угленосных отложений красноцветных песчаников и продуктов окисления сульфидов (водных сульфатов Fe — рёмерита и ссомольнокита). Это

привело к формированию в угленосных визейских отложениях и пластах угля повышенных концентраций ряда ценных и токсичных элементов, что требует детального рассмотрения при выборе способа отработки и использования углей Лельчицкого месторождения.

1. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 655 с.
2. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Ценные элементы-примеси в углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 538 с.