

Литература

1. Вернон Р.Х. Метаморфические процессы. – М.: Недра, 1980. – 226 с.
2. Добрецов Н.Л., Соболев В.С. Петрология и метаморфизм древних офиолитов на примере Полярного Урала и Западного Саяна. – Новосибирск: Наука, 1977. – 221 с.
3. Николая А. Основы деформации горных пород. – М.: Мир, 1992. – 168 с.
4. Чернышов А.И. Ультрамафиты (пластическое течение, структурная и петроструктурная неоднородность). – Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – 216 с.

ЦЕННЫЕ И ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ-ПРИМЕСИ В УГЛЯХ ТАБАССКОГО БАСЕЙНА (ИРАН)

О.С. Козырева

Научный руководитель профессор С.И. Арбузов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Уголь является биогенной горючей горной породой, в состав которой наряду с органической частью, включающей в себя С, О, Н, N и S, входят также и неорганические компоненты, главным образом золообразующие (Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K) и второстепенные элементы или элементы-примеси, составляющие обычно не более 1 % от общей массы всего неорганического вещества. Среди этих второстепенных элементов в значительных количествах могут накапливаться как ценные, так и экологически опасные элементы-примеси. В связи с этим угольные месторождения можно рассматривать не только в качестве источника топлива для энергетики, но и как источник ценных металлов, главным образом редких и благородных.

Предметом исследования являются угли Табасского бассейна, расположенного на территории Исламской республики Иран. Из-за значительной протяженности угленосных отложений бассейна отмечается большое разнообразие состава пород областей питания районов угленакопления и, как следствие, значительные вариации геохимических характеристик углей.

Цель исследования – оценка содержания токсичных и ценных элементов-примесей в углях Табасского угольного бассейна, сопоставление полученных данных со средними содержаниями в углях мира [3], а также сравнение значений с показателями ПДК для углей [2].

Опробование проведено на 10 угледобывающих предприятиях, обрабатывающих угли триасового и юрского возраста. Анализ содержания элементов-примесей выполнен инструментальным нейтронно-активационным методом в лаборатории ядерно-геохимических методов исследования ТПУ (исполнитель А.Ф. Судыко), методом ICP MS в «Аналитическом центре геохимии природных систем» ТГУ (Исполнитель Е.Н. Абрашкина). Определение содержания Hg производилось атомно-абсорбционным методом с электрохимической атомизацией на анализаторе ртути РА 915+ с приставкой Пиро – 915+ на кафедре геоэкологии и геохимии ТПУ.

Таблица

Среднее содержание элементов-примесей в углях Табасского бассейна, г/т

Элементы	Месторождения												
	Бадаму	Хамкар	Хашуни	Ходжелк	Джафаран	Калишур	Мазино	Нейбанд	Паблана	Парваде	Среднее по бассейну	Кларк для углей [3]	Пределы чувств. метода
Ca, %	0,55	0,8	0,7	0,39	0,54	0,49	0,22	1,21	0,58	0,70	0,62	н.д	0,0003
Sc	8,6	8,2	7,9	4,5	8,2	11,8	8,6	7,3	11,2	5,0	8,1	3,7	0,02
Ti	458	141 5	253	331	н.д	н.д	1099	425	328	807	639	890	75
Cr	30,4	27,1	25,9	21,3	47,6	57,1	43,8	26,1	41,5	22,3	34,3	17	0,2
Co	9,6	10,6	5,7	5,1	11,7	10,8	7,5	8,6	4,8	5,7	8,0	6	0,1
Zn	54,3	80,8	50,2	29,9	52,7	61,2	43,1	27,8	30,7	27,8	45,8	28	2,0
Ge	0,4	0,8	0,3	0,3	н.д	н.д	0,7	0,4	0,3	0,9	0,5	2,4	0,003
Se	0,5	0,4	0,1	1,0	3,9	5,8	0,9	3,0	1,1	1,1	1,8	1,6	0,1
Rb	49,1	41,8	37,1	16,9	55,8	76,4	52,4	44,6	65,7	43,4	48,3	18	0,6
Sr	49,1	41,8	37,1	16,9	55,8	76,4	52,4	44,6	65,7	43,4	48,3	100	7
Zr	21,9	55,6	19,1	16,3	н.д	н.д	46,3	17,8	23,2	49,4	31,2	36	30
Nb	2,2	4,4	0,9	1,1	н.д	н.д	4,1	1,7	1,1	2,7	2,3	4,0	0,0006

Продолжение таблицы

Mo	2,3	3,7	0,9	0,5	н.д.	н.д.	0,9	5,7	2,2	11,8	3,5	2,1	0,001
Sb	1,5	1,0	1,2	0,5	0,6	0,6	0,4	0,6	0,8	0,4	0,7	6	0,2
Cs	8,6	8,2	7,9	4,5	8,2	11,8	8,6	7,3	11,2	5,0	8,1	1,1	0,0003
La	10,8	13,6	9,6	4,9	13,5	22,5	11,6	9,2	11,3	8,9	11,6	11	0,03
Ce	15,1	26,7	20,9	11,3	28,6	44,3	25,0	20,5	24,0	19,0	23,5	23	0,05
Nd	8,3	10,6	10,1	4,1	10,7	18,4	10,5	8,7	10,7	7,1	9,9	12	2,0
Sm	2,1	3,0	2,6	1,2	2,8	3,9	2,3	3,6	2,4	1,9	2,6	2,2	0,01
Eu	0,6	0,7	0,6	0,3	0,6	1,0	0,6	0,9	0,6	0,4	0,6	0,43	0,01
Gd	2,1	2,9	1,4	1,0	н.д.	н.д.	2,4	1,4	1,1	2,8	1,9	2,7	0,0008
Tb	0,4	0,6	0,5	0,2	0,4	0,6	0,7	0,3	0,4	0,5	0,3	0,31	0,05
Dy	1,9	2,6	1,1	1,0	н.д.	н.д.	2,2	1,1	1,0	2,4	1,7	2,1	0,0001
Ho	0,4	0,5	0,2	0,2	н.д.	н.д.	0,4	0,2	0,2	0,5	0,3	0,57	0,00006
Er	0,9	1,5	0,5	0,6	н.д.	н.д.	1,2	0,5	0,5	1,3	0,9	1,00	0,0001
Tm	0,1	0,2	0,1	0,1	н.д.	н.д.	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,30	0,00006
Lu	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,20	0,01
Hf	1,4	1,4	1,3	0,7	1,6	2,2	1,5	1,0	1,7	1,0	1,4	5	0,01
Ta	0,20	0,23	0,14	0,12	0,27	0,33	0,27	0,18	0,20	0,12	0,21	0,3	0,05
Au*	2,4	1,1	6,0	1,9	2,1	4,5	0,8	11,4	1,1	6,9	3,9	4,4	0,01
Hg	0,2	н.д.	н.д.	н.д.	0,5	н.д.	0,27	0,008	н.д.	0,3	0,26	0,1	0,001
Pb	38,6	31,5	9,0	11,9	н.д.	н.д.	14,4	6,6	7,1	10,4	16,2	9,0	0,004
Th	4,8	5,5	5,2	1,9	7,0	9,4	5,8	3,8	6,1	3,8	5,3	9,0	0,2
U	1,4	1,7	1,3	1,2	1,8	2,0	1,0	2,4	2,6	1,3	1,7	1,9	0,1
A^d %	24,5	19,9	16	14,9	27	36,7	24,9	28,1	25	24,4	24,1		

Примечание: Ad – зольность углей; н.д. – нет данных; * – в мг/т

Для углей Табасского бассейна в целом характерно невысокое среднее содержание большинства элементов-примесей, сопоставимое с кларковыми значениями для каменных углей мира (табл.). В них установлены более высокие по сравнению с кларком концентрации скандия, хрома, кобальта, селена, рубидия, цезия, молибдена, свинца, ртути и лантаноидов.

Промышленно-значимые концентрации скандия [2] можно выделить на месторождении Калишур Табасского бассейна. Промышленно значимыми могут являться также концентрации золота, германия, ванадия, меди, кобальта и редкоземельных элементов при условии образования ими комплексных аномалий.

Рассматривая экологический аспект угольного бассейна, можно сделать вывод, что содержания токсичных элементов в углях не превышают «порога токсичности» и, следовательно, их использование в энергетике не представляет опасности для окружающей среды. Вместе с тем, наличие в углях аномалий хрома, кобальта, селена, свинца и ртути требуют проведения эколого-геохимического контроля качества углепродукции.

Геохимический фон отдельных месторождений сформировался под влиянием различных факторов. Основным фактором, отвечающим за общий уровень накопления элементов-примесей в Табасском угольном бассейне, является геотектонический фактор, определяющий геотектонические условия и состав пород области питания бассейна угленакопления. На уровне накопления элементов-примесей в углях также влияет и фациальный фактор. Он проявляется в особенностях условий формирования угленосной формации и их влиянии на геохимический спектр углей.

Эпигенетические процессы в различных случаях приводят к выносу, накоплению и перераспределению элементов-примесей в углях. Региональный метаморфизм сопровождается потерей органической массы и относительным накоплением большинства элементов-примесей. Исключение составляют Sc, U, Zn, Sb. При метаморфизме отмечен ярко выраженный вынос этих элементов. Процессы гипергенного окисления приводят как к выносу, так и к накоплению элементов-примесей. Во всех изученных углях в процессе окисления отмечено возрастание содержания Та и вынос Са, Со, Вг. Остальные элементы-примеси в различных угольных месторождениях ведут себя по-разному [1].

Литература

1. Металлоносность углей Ирана [Электронный ресурс] / В.И. Рыбалко, С.И. Арбузов, А.В. Волостнов // Томский политехнический университет, 2013. – Т. 322. – № 1: Науки о Земле. – [С. 83 – 90]. – URL: <http://www.lib.tpu.ru>.
2. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: Справочник / под ред. В.Ф. Череповского, В.М. Рогового и В.Р. Клера. – М.: Недра, 1996. – 238 с.
3. Ketris M.P., Yudovich Ya.E. Estimations of Clarks for Carbonaceous biolithes: World averages for trace element contents in black shales and coals // Int. J. Coal Geol. – 2009. – V. 78. – P. 135 – 148.