

СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДАХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЗАХСТАНА

Авторы: Ермагамбет Б.Т., Нургалиев Н.У., Семенова Я.А., Урлибай Р.К., Болат О.С.

Организация: ТОО «Институт химии угля и технологии», г. Нур-Султан, Казахстан.

Казахстан занимает девятое место среди самых больших государств и на территории республики добывают 99 элементов из периодической системы Менделеева. Главным ресурсом являются горючие полезные ископаемые, а именно уголь. В последнее время угольные месторождения всё чаще стали рассматривать не только в качестве энергетического сырья, но и как источник попутных ценных элементов. Это связано с ростом потребления металлов для нужд промышленности. Также установлено, что золошлаковые отходы могут содержать высокие, иногда промышленно значимые концентрации ценных элементов. В 2017 году Казахстан занял восьмое место в мире по объему доказанных запасов угля. При этом, более 90% разведанных запасов угля сосредоточены на севере и в центральной части Казахстана. Известно 12 угольных бассейнов и около 400 обособленных месторождений и углепроявлений. В качестве изучения были выбраны наиболее крупные из разрабатываемых в настоящее время месторождений – Карагандинский, Экибастузский, Каражыра, Майкубенский и Торгайский бассейны.

К Карагандинскому синклинию, который находится в средней части Центрального Казахстана, приурочен разрабатывающийся систематически с 1931 г. крупный Карагандинский каменноугольный бассейн, заключающий почти все запасы коксующихся углей Казахстана [2]. Для этих углей характерны повышенные концентрации Ge, Ga, Sc, REE (редкоземельные элементы), которые, в основном, встречаются в богатых витринитом углях долинской и тентекской свит. Низкая зольность углей бассейна обуславливает высокие содержания элементов-примесей в золе угля. По данным анализа проб углей, проведенного методами ICP MS и ИНАА, концентрации Sr, Sc, Yb, Cr, Ba, Hf, Hg в золе превышают уровень кларка (табл.1) и первые три элемента достигают возможно промышленного значения. При пылевидном сжигания угля свыше 1200 – 1600°C часть редкоземельных (Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb) и благородных металлов (Au, Pt, Pd) выносятся из зоны высоких температур дымовыми газами и при 120-150°C концентрируются на электрофильтрах.

Экибастузский угольный бассейн отличается уникальными мощностями пластов энергетических углей. Угли бассейна характеризуются высокими содержаниями Sr, Eu,

Tb, Hf, Sc, но уровни накопления не достаточно высоки, чтобы рассматривать их как возможный источник ценных металлов. В связи с высокой зольностью углей бассейна, содержание этих элементов в золе угля существенно ниже среднемировых данных (табл.1). Это ограничивает перспективы переработки Экибастузских углей.

Золы углей месторождения Каражыра характеризуются вышекларковыми концентрациями Sc, Cr, Co, Rb, Sr, Ba, La, Sm, Yb, Zn, Au, Hg. Особенно существенны уровни накопления в отдельных пробах Sr (5139,1 г/т), Co (2026 г/т), Sc (172 г/т), Rb (276,8 г/т), Au (722 мг/т).

В пределах Майкубенского бурогоугольного бассейна были изучены месторождения Сарыколь и Талдыколь. Содержание элементов-примесей в углях месторождения Сарыколь в основном ниже соответствующих кларков для бурых углей. Незначительные превышения над кларком установлены для Cr, Co, Zn, As, Sr, Ag, REE. А для золы данного месторождения можно выделить только Rb и Ba, концентрации которых выше по сравнению с другими элементами. Для углей месторождения Талдыколь характерно накопление редкоземельных элементов цериевой группы и Yb. Несмотря на высокую зольность, золы углей также значительно обогащены этими элементами, по сравнению с зольным кларком (табл.1). Так, содержание иттербия при перерасчете на золу достигает промышленно значимой величины.

Таблица 1 – Среднее содержание элементов-примесей в золе угольных месторождений Казахстана, г/т [1]

Элемент	Бассейны, месторождения						Кларк дл золы бурых углей [3]	Кларк для золы каменных углей [3]	Минимальное возможно промышленно значимое содержание [4]
	Экибастузский	Карагандинский	Каражыра	Талдыколь	Сарыколь	Торгайский			
Ca*	2,74	1,90	5,12	3,28	2,96	4,94	–	–	н.д.
Sc	23,3	62,3	40-172,3	37,73	32,81	35,3	24	22	50
Cr	19,9	116,61	262,59	144,90	68,91	315,7	120	82	7000
Fe*	3,50	2,01	3,67	3,49	4,97	24,5	–	–	н.д.
Co	16,4	43,81	122,6-2026	34,73	27,78	70,8	37	26	100
Zn	н.д.	н.д.	782,91	147,65	144,38	356,4	170	110	2000
As	6,6	н.д.	2,35	15,60	54,60	60,6	46	48	н.д.
Br	32,9	32,9-145,8	35,5-253,8	16,97	14,16	н.д.	32	32	н.д.
Na*	0,29	0,79	1,74	0,98	0,77	н.д.	–	–	н.д.
Rb	9,03	<0,6	40-276,8	81,50	109,40	6,83	130	48	175
Sr	419	1667-2854	3967-5139	602	809	932	730	750	2000

Ag	0,42	<0,5	<0,5	1,27	1,40	1,04	0,63	0,59	5
Cs	1,70	5,86	2,62	5,3	10,06	0,8	8	5,2	150
Ba	749	1663,94	2517,53	1183	1231	125	980	900	н.д.
La	31,3	57,90	126,30	54,42	39,91	30	76	62	н.д.
Ce	72,0	128,70	275,31	135,14	106,02	70,54	140	120	н.д.
Nd	н.д.	н.д.	143,82	63,25	39,6	38,87	–	–	н.д.
Sm	7,73	17,11	52,70	11,86	10,73	8,37	14	11	н.д.
Eu	2,19	5,20	11,89	3,42	2,75	2,5	2,6	2,3	н.д.
Tb	1,71	3,11	7,17	2,69	1,76	2	2,1	2,0	н.д.
Yb	5,45	4,9-8	10,2-32,2	8,18	5,88	11,9	6,8	5,5	7,5
Lu	1,02	2,18	2,75	1,24	1,02	1,9	1,3	1,1	н.д.
Hf	6,93	14-25,3	7,11	8,13	6,93	7,7	9	7,5	25
Au**	2,40	<0,01	3,75-723	7,38	4,58	0,2	24	20	100
Hg	н.д.	12,5	9,9	0,2	0,3	0,34	0,87	0,62	н.д.
Th	7,20	11,51	10,31	12,61	14,80	2,85	23	19	н.д.
U	2,71	6,32	4,57	9,4-127,4	4,20	2,16	15	16	н.д.

Примечание: н.д. – нет данных; жирным шрифтом выделены содержания, превышающие минимальное возможно промышленно значимое содержание; * - %, ** - мг/т.

В Талдыкольском буроугольном бассейне было изучено Орловское месторождение. В связи с высокой зольностью угля содержание элементов-примесей в золе характеризуется низкой концентрацией. Можно выделить такие элементы как Sc, Cr, Rb, Ba, Yb, U, и только Yb превышает минимально промышленное значение.

Таким образом, согласно вышеизложенным данным, в золе углях Казахстана установлены повышенные содержания следующих элементов: Sc, Cr, Co, Sr, Ba, Zn, Yb, Hg, U. Часто встречаются аномальные концентрации Sc, Cr, Ba, Rb, Yb, эпизодически – Co, Sr, La, Hg (рис.1).



Рисунок 1 – Содержание элементов в золошлаковых отходах крупных угольных бассейнах Казахстана

Нами исследованы металлоносность ЗШО только некоторых месторождений углей Казахстана. Вовлечение золошлаковых отходов и золоноса после сжигания угля, как сырье для извлечения редких и редкоземельных, а также благородных металлов требует тщательного анализа современными спектральными приборами и создание банка данных. Промышленное освоение технологий выделения редкоземельных металлов оправдывается дорогой стоимостью металлов на рынке. Например, стоимость 1 г скандия на рынке составляет приблизительно 10 долл.; рубидия – 6,7 долл.; иттербия – 1,2 долл. Тогда основным показателем рентабельности будет извлечение ценных компонентов из ЗШО с высокой добавленной стоимостью.

Иногда исторические данные по содержанию редких и благородных металлов в угле не корректны, так как угольные месторождения были открыты в 30-70 годах прошлого века, и в то время не было высокочувствительных приборов для обнаружения высоких концентраций металлов.

Литература:

1. Кажумуханова М.З. Элементы-примеси в угольных месторождениях Казахстана // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А.Усова студентов и молодых ученых, Томск: в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2015. – С. 105-106.
2. Элементы-примеси в месторождениях Казахстана: справочник / под ред. Абдуллина А.А. и др.- Алматы ИАЦ ГПР РК, 1999 – Т. II – 144 с.
3. Введение в металлогению горючих ископаемых и углеродсодержащих пород : учеб. пособие / Волков В.Н., Полеховский Ю.С., Сергеев А.С., Тарасова И.П.; С.-Петерб. гос. ун-т. – СПб. : Изд-во СПбГУ, 1997. – 248 с.
4. Брюшков В.И., Ворохова Л.А. О перераспределении химических элементов в зоне поверхностного выветривания углей / Вопросы геологии коры выветривания Казахстана. Алма-Ата: Казахск. НИИ минерал, сырья, 1972. Вып. I. – С. 165-169.