

УДК 622:533.940.4

Б.Ф. Нифантов, А.Н. Заостровский

## МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ КУЗБАССА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ

Природный потенциал минеральных ресурсов Кемеровской области включает различные виды полезных ископаемых. Главными из них являются уголь, руды железа, полиметаллические и другие. Добыча и переработка полезных ископаемых, обогащение и сжижение являются процессами промышленных производств, которые вносят существенный вклад в загрязнение окружающей природной среды. Уменьшение их валовых показателей станет реальным при условии выполнения системной программы глубокой переработки полезных ископаемых и отходов, будет способствовать формированию парадигмы знаний, при разработке комплекса технологий, исчерпывающих полностью все компоненты сырья, добываемого из недр.

Другими словами сказанное означает, что в настоящем и для будущего требуется сформировать безотходные технологии потребления сырья. Это диктуется потребностями в улучшении экосистем региона и непосредственно связано с социальным заказом населения. При этом доли государственного влияния и финансирования разработки заказанных программ должны быть организованными на базе научных достижений и преобладающими в сфере реализации проектов.

Недопустимым является длительное ожидание инициативы частных корпораций и фирм в процессе становления этих инновационных начинаний. Безусловным представляется и создание гарантированного финансового фонда для научных исследований, организации комплекса проектных разработок, пилотных испытаний и других работ, связанных с накоплением фактического материала и созданием автоматизированных систем его хранения, поиска и вычислений. Раскроем, частично, некоторые аспекты будущих инноваций по материалам результатов наших исследований.

Угольная база Кузбасса представлена в 25 геолого-экономических районах [1]. Наиболее крупными балансовыми запасами по данным разведочных работ до 2003 года характеризуется суммированный ресурс (млн. т) марок углей Д, Г, Ж, Т (102465), т.е. 20,9 % от общего показателя. Добыча коксующихся углей составила в 2000 году 55,9 % и особо ценных их марок – 21,8 %.

Этими и другими данными определяется спрос отечественного и мирового рынка на кузнецкие угли. Рыночные предложения на кузнецкие угли не учитывают ни средние, ни даже рекордные (аномальные) данные о содержаниях в углях (золах) ценных или токсичных химических элементов. Такое укоренившееся современное

состояние оценки углей для их продажи с последующей перспективой глубокой переработки является нонсенсом. Заметим, что содержание, например, золота в углях или породах, их сопровождающих достигает 3-27 г/т, что может быть оценено как кондиционное. В этих параметрах нами уголь предлагался для добычи и продаж как золото-угольная руда с дополнительной суммой оценки одной тонны около 1700 рублей. Тот же уголь в окисленных частях пластов может рассматриваться как угольно-золо-торудный материал с его долей в общей стоимости свыше 15 тыс. рублей. Средние оценки промышленных содержаний золота (г/т) по маркам кузнецких углей составляют по данным Б.Ф. Нифантова и соавторов (2003 г.) для энергетических – 0,24-17,5; коксующихся – 0,14-1,1 [2]. В последнее десятилетие одним из ведущих аналитических методов определения содержаний элементов признан в мире ICP-MS, позволяющий распознавать и массовые числа редких изотопов.

В 2006 г. получены результаты исследований в холодной плазме (ICP) восьми проб углей и горелых пород, отобранных в Кузбассе, в том числе по пласту Горелому в.п. (верхняя пачка) (4 пробы), горелым породам (4 пробы) поля шахты «Байдаевская».\*

Пробы угля изучены в ИГЕМ РАН на 60 элементов, в том числе по группам – s (Li, Be, Na, Rb, Sr, Cs, Ba); p (P, Ga, Ge, As, Se, Sn, Sb, Te, Tl, Pb, Bi); d (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, La, Hf, Ta, W, Re, Ir, Pt, Au, Hg); f (Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Th, U). В лабораторной золе углей пласта Горелого в.п. угольного разреза «Бачатский» (озоление при 550 °C) найдены промышленные содержания при  $A^d$ , %, в среднем, - 16,09 (5,26-37,22) следующие элементы, г/т: Ru – 0,1 (0,12-0,08); Rh – 0,108 (0,25; 0,14; 0,03; 0,01); Pd – 1,702 (2,47; 2,53; 0,49; 1,32); Re – 0,053 (3 пробы); Ir – 0,137 (3 пробы); Au – 2,99 (3 пробы).

Отношения к полу суммам промышленных кондиций (мин+макс/2) оказались равны: Ru – 0,25; Rh – 0,54; Pd – 0,84; Re – 17,7; Ir – 2,3; Au – 1,19. Пробы пород имеют близкие значения зольности и средний уровень  $A^d = 97,85 \%$ . Их промышленные кондиции для разных элементов оценены также по полу суммам содержаний и составляют: Ru – 0,08 (2 пробы); Rh – 0,1 (1 пробы); Pd –

\* Работа выполнена с участием ООО «Роском» и финансированием ими аналитических работ.

Таблица 1. Стратиграфическая схема пермских и каменноугольных отложений Кузнецкого бассейна\*

Возраст, млн. лет	Система	Отдел (подотдел)	Ярус	Серия	Подсерия	Свита		Толщи преимущественно в восточной части бассейна	
250,0	Пермская-Р	Верхний-Р <sub>3</sub>	Вятский-Р <sub>3v</sub> Северодвинский-Р <sub>3s</sub>	Кольчугинская-Р <sub>2-3kl</sub>	Ерунаковская-Р <sub>2er</sub>	Тайлуганская-Р <sub>2tl</sub> Грамотеинская-Р <sub>2gr</sub> Ленинская-Р <sub>2ln</sub>	Салтымаковская-Р <sub>2sl</sub>		
251±0,4									
270		Средний-Р <sub>2</sub> Биармийский-Р <sub>2</sub>	Уржумский-Р <sub>2ur</sub> Казанский-Р <sub>2kz</sub>		Ильинская-Р <sub>2il</sub>	Ускатская-Р <sub>2us</sub> Казанково-Маркинская-Р <sub>2km</sub>	Красноярская-Р <sub>2ks</sub>		
		Нижний-Р <sub>1</sub> Приуральский-Р <sub>1</sub>	Уфимский-Р <sub>1u</sub> Кунгурский-Р <sub>1k</sub> Артинский-Р <sub>1ag</sub> Сакмарский-Р <sub>1s</sub> Асельский-Р <sub>1a</sub>		Кузнецкая-Р <sub>2kz</sub>	Митинская-Р <sub>2mt</sub> Старокузнецкая-Р <sub>2sk</sub>			
290			Балахонская-С-Р <sub>1bl</sub>	Верхне-балахонская-Р <sub>1bl</sub>	Кемеровская-Р <sub>1kr</sub> Ишановская-Р <sub>1is</sub> Промежуточная-Р <sub>1pr</sub>	Порывайская-Р <sub>1pv</sub>			
310	Каменноугольная-С	Верхний-С <sub>3</sub>		Гжельский-С <sub>3g</sub> Касимовский-С <sub>3k</sub>	Нижне-балахонская-С <sub>2-3bl</sub>				Алыкаевская-С <sub>3al</sub> Мазуровская-С <sub>2mz</sub>
330		Средний-С <sub>2</sub>		Московский-С <sub>2m</sub> Башкирский-С <sub>2b</sub>	Острогская-С <sub>1-2os</sub>	Каезовская Евсеевская	Саянзасская-С <sub>1-3sn</sub>		
359,2±2,5		Нижний-С <sub>1</sub>	Серпуховский-С <sub>1s</sub> Визейский-С <sub>1v</sub> Турнейский-С <sub>1t</sub>	Морской нижний карбон (мозжухинская серия)					

\*По данным А.З. Юзвицкого [1] с дополнениями, утвержденными МСК (1995 г.) и опубликованными в Дополнениях к Стратиграфическому кодексу России (2000 г.).

0,24; Ir – 0,33 (2 пробы); Pt – 0,14; Au – 0,024 (3 пробы). Наиболее перспективными здесь для зол углей в терриконике оказались рений, иридий, платина, золото. Ни один из этих элементов в породах не превысил уровень избранной оценки кондиции (мин+макс/2).

Пределы минимальных кондиций для извлечения элементов оказались для озелененных углей превзойденными в n-раз для Ru(100,0); Rh(15,4); Pd(24,3); Re(17,7); Ir(68,5); Au(74,8). Породы: Ru(80,0); Rh(100,0); Pd(3,4); Re(26,7); Ir(165,0); Pt(0,9); Au(0,6). Наибольшее (1,1 г/т) содержание платины найдено в алевролите глинистом, обожженном ( $A^d = 99,3\%$ ).

Схема стратиграфии угленосных отложений Кузбасса приведена в таблице 1. Распределение химических элементов-примесей в свитах пермских и каменноугольных отложений подчиняется фациальным геохимическим признакам и здесь подробно не рассматривается. Отметим, частично, наиболее высокие из средних содержания, концентрации, геохимический имидж элементов.

В тайлуганской свите содержание алюминия в

золошлаковых материалах (ЗШМ) углей наиболее высокое: Al – 13,58 % ( $Al_2O_3$  – 25,67 %) и урана – 120,9 г/т. Ленинская свита имеет аномальную и высокую степень насыщенности Li, Be, B, F, Na, Mg, Ca, Ti, Fe, Co, Ni, Zn, Ga, Ge, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, La, Ce, Eu, Yb, U при средней зольности углей  $A^d = 7,7\%$  и мощности пластов 2,49 м.

Таким образом, ленинская свита наиболее насыщена содержаниями 24 из 55 элементов, что является фациальным показателем для кузнецких углей. Оценка фоновых отношений геохимического распределения элементов вычислена (по данным авторов) с использованием средних показателей по золе каменных углей мира, опубликованных Я.Э. Юдовичем и М.П. Кетрис [3, 4].

Приведены результаты наших вычислений коэффициентов концентраций элементов в золах кузнецких углей (ККЗУ) по случайной выборке семнадцати ЭП (таблица 2). Наивысшими ККЗУ оказались для свит: Р<sub>2tl</sub> – P, U; Р<sub>2gr</sub> – P, Y, Zr; Р<sub>2ln</sub> – Li, B, S, Sc, Co, Ge, Y, Zr, Nb, Au; Р<sub>2us</sub> – Sc, Cr, Rb, Y, Zr, Nb, Au; Р<sub>2km</sub> – Sc, Rb; Р<sub>2kr</sub> – P, As, Zr, Nb, Ag, Au; Р<sub>2iš</sub> – As, Zr, Ag, Au, Th; С<sub>3al</sub> – Cr, Ag,

Таблица 2. Особенности размещения выборки 17 химических s, p, d, f – элементов по возрастам свит ( $C_{\text{сред}} : C_k$ )\*

Свита	Ин-декс	Li	Rb	B	P	S	Ge	As	Sc	Cr	Co	Y	Zr	Nb	Ag	Au	Th	U	$A^d, \%$	m, м
Тайлуган-ская	P <sub>2</sub> tl	0,9	2,0	0,8	3,1	0,6	0,2	0,5	1,3	1,5	1,0	2,2	9,5	3,6	-	-	1,2	8,1	12,1	8,97
Грамотеин-ская	P <sub>2</sub> gr	1,3	-	1,2	3,4	1,0	-	-	1,5	1,5	1,9	3,7	10,4	2,7	0,2	-	0,6	1,2	16,7	8,21
Ленинская	P <sub>2</sub> ln	3,9	3,6	4,0	2,4	1,6	3,0	3,0	1,8	1,8	2,9	4,3	16,4	6,9	5,2	52,1	1,4	3,4	7,7	2,49
Ускатская	P <sub>2</sub> us	2,7	3,4	2,3	2,2	1,6	1,0	6,3	1,8	2,6	1,5	3,6	15,2	6,2	1,7	256,2	1,3	2,3	8,48	2,40
Казанково-маркинская	P <sub>2</sub> km	1,6	4,7	0,8	1,1	0,6	0,6	1,5	1,7	1,6	1,0	2,6	9,7	4,6	-	-	1,3	1,3	13,24	1,77
Кемеров-ская	P <sub>2</sub> kr	1,9	2,7	0,7	3,4	1,1	1,0	12,9	1,6	1,3	1,8	2,9	10,4	6,1	10,8	9,6	1,5	2,0	13,93	4,29
Ишанов-ская	P <sub>2</sub> iš	2,0	2,7	1,0	1,5	1,1	0,7	19,8	1,4	1,6	2,0	3,1	11,3	4,9	8,2	17,1	1,5	2,6	9,51	10,40
Промежуточная	P <sub>2</sub> pr	1,4	1,7	0,4	1,0	1,0	0,5	14,9	1,1	1,3	1,1	2,0	8,4	3,4	3,2	7,5	1,2	1,6	14,78	2,3
Алыкаев-ская	C <sub>3</sub> al	1,2	1,9	0,4	0,8	1,2	0,5	1,0	1,2	3,0	0,9	1,9	3,0	4,6	88,7	30,4	0,6	0,8	11,74	1,72
Мазуров-ская	C <sub>2-3</sub> mz	1,0	-	0,2	0,2	0,2	0,6	-	0,7	1,0	0,5	2,0	3,3	2,6	-	4,6	0,2	0,4	17,6	1,3

\* $C_{\text{сред}}$  – средние содержания в ЗШМ по свитам (наши данные);  $C_k$  – данные Я.Э. Юдовича, М.П. Кетрис [4] по золе каменных углей мира.

Au; C<sub>2-3</sub>mz – аномалий ККЗУ не выявлено.

Перечисленные примеры подтверждены находками промышленных содержаний этих элементов в пластах и товарной продукции кузнецких углей [5]. В разных геолого-экономических районах в недрах угледобывающих предприятий обнаружено 78 эксплуатированных пластов с промышленными содержаниями химических элементов.

Бериллий нами выявлен в пласте Мощном на шахте «Суртаиха» (572,6 г/т / 5,7 по минимальной кондиции). Алюминий в 19 пластах присутствует

в содержаниях 27,0-36,0 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (31,6 %), в Прокопьевско-Киселевском, Кондомском, Бунгуро-Чумышском, Томь-Усинском районах в кемеровской и ишановской свитах, P<sub>1</sub>bl. Титан при максимальном содержании (7,08 % / в 7,9 раза выше промышленной кондиции) является существенным показателем пласта Сычевского III в Ленинском ГЭР. Железо превышает по содержаниям кондицию (%) для россыпей [1] по 5 пластам – 11,8-36,7 (20,3); отношение к кондиции – 2,7 раза. Эти показатели, в частности, имеют поисковое значение для оценки сыпучих отходов, образо-

Таблица 3. Размещение и оценка рудных содержаний элементов ПГМ и золота в золах углей и отходах Кузбасса

Объект опробования, A <sup>d</sup> , %	Число проб	Содержания (г/т); отношения к кондиции						
		Ru	Rh	Pd	Re	Ir	Pt	Au
Разрез «Бачатский», пл. Горелый в.п.; A <sup>d</sup> =13,0 %	4	0,1; 100,0	0,1; 10,0	1,7; 24,3	0,05; 16,7	0,14; 7,0	-	2,99; 74,8
Разрез «Красногорский», пл. XXXI, A <sup>d</sup> =9,8 %	15	-	-	0,09-0,14; 1,3-2,0	-	-	0,15-3,37; 1,0-22,5;	1,14; 28,5
Шахта «Байдаревская», терриконик отходов добычи, горелые породы, A <sup>d</sup> =97,8 %	4	0,03; 30,0	0,02; 2,9	0,48; 6,9	0,08; 26,7	0,02; 1,0	0,63; 4,2	0,06; 1,5
Кузбасс	23	0,03-0,1; 30,0-100,0	0,02-0,1; 2,9-10,0	0,09-1,7; 1,3-24,3	0,05-0,08; 16,7-26,7	0,02-0,14; 1,0-7,0	0,15-3,37; 1,0-22,5	0,06-2,99; 1,5-74,8

вавшихся при добыче, обогащении, сжигании углей и руды.

Иттрий (327,9-661,7 г/т, среднее – 381,8) характеризуется как пригодный для извлечения (отношение к кондиции 1,1 по среднему) в шести угольных пластах Кемеровского (P<sub>1</sub>kr), Байдаевского (P<sub>2</sub>us), Томь-Усинского (P<sub>1</sub>kr) ГЭР. Цирконий наиболее распространенный в рудных кондициях элемент в ЗШМ пластов кузнецких углей. Они найдены на горных отводах 31 угольного предприятия Кузбасса (0,56-7,07 %/в среднем, - 1,19 %).

Отношение среднего содержания к максимальной кондиции – 2,38. Ниобий с кондиционными содержаниями найден в ЗШМ 5 угольных пластов (301,2-918,5 г/т/527,3 г/т). Отношение к минимуму рудного содержания составило при вычислении по среднему показателю – 8,8. Поле шахты имени Шевякова было нами изучено в связи с обнаружением высоких содержаний ниobia, в частности, в ЗШМ углей пласта XI – P<sub>1</sub>kr; среднее

содержание оказалось здесь равным 918,5 г/т.

Распределение ниобия и тантала в углях и породах пласта XI кемеровской свиты нами отражено в статье [2]. Серебро при максимальных содержаниях в ЗШМ углей присутствует в трех пластах – XXI – C<sub>3</sub>al в горном отводе шахты «Бирюлинская» - 386,7 г/т; в поле шахты «Бунгурская», пласт IV – P<sub>1</sub>kr – 334,7 г/т; на шахте имени Шевякова, пласт III – P<sub>1</sub>kr – 96,6 г/т. По объектам отношения к промышленной кондиции на серебро (100 г/т) составляют – 3,9; 3,3; 0,97.

Лантан и редкоземельные элементы (Tb, Lu) в промышленных содержаниях обнаружены нами на четырех угольных предприятиях в пластах казанково-маркинской и ишановской свит. Лантан в ЗШМ углей содержится в следующих максимальных количествах, г/т: 1043,6 – пласт Горелый верхний на угольном разрезе «Шестаки»; 1362,6 – пласт Горелый н.п.; 1161,0 – пласт II Прокопьевский.

Все из перечисленных выше пластов отнесены

Таблица 4. Геохимический имидж ТПТ элементов свит

Элементы	Индексы свит									
	P <sub>2</sub> tl	P <sub>2</sub> gr	P <sub>2</sub> ln	P <sub>2</sub> us	P <sub>2</sub> km	P <sub>1</sub> kr	P <sub>1</sub> iš	P <sub>1</sub> pr	C <sub>3</sub> al	C <sub>2-3</sub> mz
Be, г/т							703,52 – 30,45 (23,10)			
F, %			0,43 – 0,16			– (8,0)				
Cl, %						1,75 – (5,15)	– 0,38			
As, %							0,74 – 0,09	–(9,86)		
Se, г/т							– 6,22	19,78 – (3,79)		
Sb, г/т								– (2,82)	27,62- 17,52	
Pb, г/т			– 87,47			535,09 – (6,98)				
V, %		– 0,03				0,17 – (8,50)				
Cr, %				0,5- (19,67)					– 0,04	
Mn, %				3,58 – 0,21		– (26,62)				
Co, г/т			695,09 – 108,31			–(7,88)				
Ni, %		– 0,02				0,22 – (22,00)				
Zn, %			– 0,06			0,14 – (4,67)				
Cd, г/т			8,75- 8,75			–(2,11)				
Hg, г/т						34,02 – (26,79)		– 3,79		
Th, г/т						293,44 – (8,74)	– 34,67			
U, г/т	185,4 – 120,89							– (4,18)		

Примечания:

- Записи в таблице содержаний (концентраций) элементов: 185,4-120,89 максимальное-среднее;
- Отношение содержаний: (22,00). 3. Максимальное содержание: 1,75; среднее содержание: 6,22.

к ишановской свите –  $P_1i\check{s}$ . Индивидуальная промышленная кондиция на извлечение лантана не менее 700,0 г/т. При этом все перечисленные выше содержания лантана кондиционны для извлечения. Их отношения к кондиции в порядке перечисления – 1,49; 1,95; 1,66. В производственной практике существуют оценки кондиционности редкоземельных рудных концентратов по комплексам элементов (La, Y, Ce) и лантаноидов (Ln) с нормами в пределах – 0,1-1,5 %; 0,2-12,0 %; 0,3-10,0 %.

Поэтому пригодность кузнецких ЗШМ для извлечения La, Y, Ce и других элементов Ln станет нормативной на основе экспериментов с использованием специальных методов обогащения. Отметим также два случая находок РЗЭ – содержащих углей с тербием и лютением. Тербий обнаружен в ЗШМ пласта Болдыревского ( $P_2km$ ) на поле шахты «Комсомолец» в количестве 109,2 г/т, т.е. в 3,1 раза выше условной кондиции. Лютеций при содержании 106,3 г/т в ЗШМ присутствует в пласте Безымянном ( $P_1kr$ ) в недрах поля шахты «Ягуновская».

Численное отношение к условной кондиции – 6,2. Гафний в ЗШМ угольных пластов в промышленных содержаниях находится в шести пластах предприятий – угольных шахт: «Бирюлинская», пласт XXI –  $C_{3al}$ ; «Ягуновская» - Волковский –  $P_1kr$ ; «Есаульская» - 29а –  $P_2ln$ ; «Байдаевская» - 32 -  $P_2ln$ ; «Бунгурская» - IV -  $P_1kr$ ; им. Шевякова – XVIII -  $P_1kr$ . Содержания гафния (г/т) в пределах и в среднем – 60,4 – 256,4 / 122,3. Отношение к кондиции – 1,2.

Тантал встречен в рудных содержаниях по ЗШМ углей по четырем предприятиям, пяти пластам. Пределы содержаний и среднее, г/т: 31,8 – 270,8 / 109,2. Отношение к средней кондиции – 0,7. Наибольшее содержание тантала – в пласте Волковском, шахта «Ягуновская» - 270,8 г/т (1,64 – к средн. конд.).

Платиновая группа элементов в промышленных содержаниях обнаружена в пластах разрезов «Красногорский» - Pt (3,4 г/т), Pd (0,142 г/т); «Бачатский» - Ru, Rh, Pd, Re, Ir; в горелых породах террикона шахты «Байдаевская» - Ru, Rh, Pd, Ir, Pt (таблица 3).

Торий и уран по данным максимальных содержаний в ЗШМ представлены в пяти свитах  $P_2tl$ ,  $P_2ln$ ,  $P_2us$ ;  $P_1kr$ ,  $P_1pr$ . В том числе по урану, г/т: 97,3 – 185,4/119,5; по торию по трем свитам -  $P_2us$ ;  $P_1kr$ ,  $P_1i\check{s}$ , г/т: 81,02 – 293,4/159,2. Эти данные характеризуют представительность максимальных содержаний элементов, в том числе с превышением рудных кондиций.

Перечислим их с результатами вычисленных показателей превышения рудных кондиций в  $n$  – раз: Be – 7,0 ( $P_1i\check{s}$ ); Th – 1,03 – 2,93 ( $P_2i\check{s}$ ;  $P_1kr$ ); U – 1,01 – 1,85. Среднее по четырем свитам – 1,25 ( $P_2tl$ ;  $P_2ln$ ;  $P_2us$ ;  $P_1kr$ ). Приведем два примера пластов с промышленными содержаниями урана по

отношениям к кондиции: пласт XIII – IX, шахта им. Шевякова – 1,0; пласт IV-V, разрез «Сибиргинский», - 1,2. Оба пласта кемеровской свиты ( $P_1kr$ ). Показатели имиджевых содержаний токсичных элементов в ЗШМ пластов углей по свитам сведены в табл. 4.

Уровень концентрирования превышен относительно среднего для кузнецких углей по As – 0,29 % (n = 5,68), в т.ч. по свитам:  $P_1kr$  (0,46 %; n = 7,67);  $P_1i\check{s}$  (0,74 %; n = 8,22);  $P_1pr$  (0,69 %; n = 9,86).

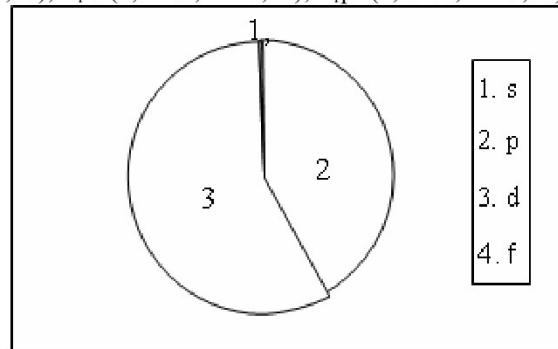


Рис. 1. Распределение максимальных ТПТ содержаний s, p, d, f – элементов в кузнецких углях

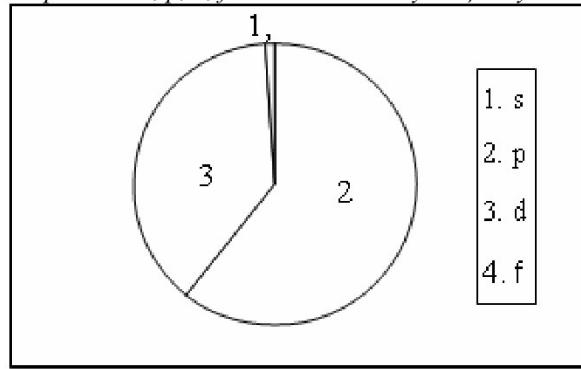


Рис. 2. Распределение средних ТПТ содержаний s, p, d, f – элементов в кузнецких углях

Определение геохимического имиджа (ГИ) элементов авторы оценивают по показателям  $N_{im}$ ,  $C_{im}$ ,  $Q_{im}$ .  $N_{im}$  – число элементов;  $C_{im}$  – содержания элементов;  $Q_{im}=\Sigma C_{im}$ ;  $N_{im}$ . Подобный подход к оценке ГИ позволяет выделить ряды ГИ для избранного объекта.

Стратиграфический ГИ приведен на основе выбора максимумов содержаний при геохимической оценке свит. Тайлаганская - U;  $N_{im}=1,0$ ;  $Q_{im}=0,018$  %. Грамотеинская - ГИ не выявлен. Ленинская -  $N_{im}=5$ (F, Co, Cd, Pb, U).  $Q_{im}=0,1$  %. Ускатская -  $N_{im}=4$ (Cr, Mn, Th, U)  $Q_{im}=1,05$  %. Казанково-маркинская – ГИ не выявлен. Кемеровская -  $N_{im}=13$ (F, Cl, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, As, Hg, Pb, Th, U).  $Q_{im}=0,54$  %. Ишановская -  $N_{im}=7$ (Be, F, Cl, Co, As, Pb, Th).  $Q_{im}=0,32$  %. Промежуточная -  $N_{im}=7$ (F, As, Se, Hg, U).  $Q_{im}=0,15$  %. Алыкаевская -  $N_{im}=3$ (Be, Cr, Sb).  $Q_{im}=0,15$  %. Мазуровская – ГИ не выявлено.

Токсичность ЗШМ углей, а также дезинтегрированных (сыпучих) отходов, оценена нами раздельно по показателям содержаний в свитах, по

маркам углей антрацита. Обобщение данных по средним и максимальным суммам содержаний s, p, d, f – элементов приведено на рисунках 1, 2.

*Работа выполнена при финансовой поддерж-*

*ке комплексного интеграционного проекта СО РАН № 6.3 «Геохимия окружающей среды горно-промышленных ландшафтов Сибири и Урала».*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Угольная база России. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский, бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). - М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. - Т. 2.
2. Ницантов Б. Ф. Геохимия и оценка ресурсов редкоземельных и радиоактивных элементов в кузнецких углях. Перспективы переработки / Б. Ф. Ницантов, В. П. Потапов, Н. В. Митина. - Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2003. - 104 с.
3. Юдович Я. Э. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях / Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис. - Екатеринбург: УрО РАН, 2005. - 655 с.
4. Юдович Я. Э. Ценные элементы-примеси в углях / Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис. - Екатеринбург: УрО РАН, 2006. - 538 с.
5. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: Справочник / Под ред. Ю. Н. Жаров, Е. С. Мейтов, И. Г. Шарова и др. - М.: Недра, 1996. - 238 с.

Авторы статьи:

Ницантов Борис Фёдорович - канд. геол.-минер. наук, ст. науч. сотр. Института угля и угле- химии СО РАН	Заостровский Анатолий Николаевич - канд. техн. наук, ст. науч. сотр. ИУУ СО РАН, доц. каф. химической технологии твёрдо- го топлива и экологии КузГТУ Email: catalys01@rambler.ru
---	---