

УДК 622:533.940.4

Б.Ф. Нифантов, А.Н. Заостровский

ЗНАЧЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЯ

Геохимический имидж (ГИ) в качестве главенствующего показателя представлен в работе [7]. Элементы имидж – маркеров по свитам представлены для ТПТ элементов следующим рядом: P₂tl – U(185,4 г/т/2,32 по C_{макс}: C_{сред}, табл. 3,4); P₂In – F, Co, Cd; P₂us – Cr, Mn; P₁kr – Cl, V, Mn, Co, Ni, Zn, Se, Cd, Hg, Pb, Th, U; P₁iš – Be, F, Cl, Cr, Co, As, Sb, Pb, Th; P₁pr – Mn, Zn, As, Hg; C₃al – Be, Cr, Sb. Средние показатели по ГИ для отделов систем таковы: P₂ – 0,292 %; P₁ – 0,337 %; C₃ и C₂₋₃ – 0,153 %.

Таким образом, наиболее насыщенными ТПТ элементами являются ЗШМ нижнего отдела пермской системы [1]. По степени насыщения элементами нижний отдел пермской системы (P₁) пре-восходит верхний отдел (P₂) в 1,15 раза; отделы каменноугольной системы (C₃ и C₂₋₃) в 2,06 раза. Геохимическая граница C₃ – P₁ выражена достаточно отчетливо.

Геохимическое имиджевое маркирование по максимумам содержаний марок углей (табл. 1, 2) отражает главные черты распределений химических элементов в зависимости от состава и истории метаморфизма пластов углей. Энергетические угли, различающиеся по стадийности метаморфизма (регионального, kontaktового), представлены марками (ГОСТ 25543-88) в том числе Д, ДГ, Г; ТС, СС, Т; А - антрацитами.

Наиболее выражены высокие показатели

(Q_{im}=0,245 – 2,76 %) по маркам Д, ДГ, включающим Be, F, Cl, V, Co, Sb, U – Д и Mn (2,76 %) в ДГ. Марка Г выделилась по максимуму кадмия – 9,0 г/т. Марки углей ТС, СС, Т характеризуются максимальными зольными содержаниями, соответственно, - Hg, Pb, (%): 0,0074 и 0,058 для ТС. Показатели ЗШМ углей марки СС, %: Be(0,0716), F(0,44), Cl(2,19), Mn(5,12),

Co(0,0514), As(0,77), T – V(0,16), As(0,76), Se(0,0021), Pb(0,035), U(0,01).

Коксующиеся марки углей (ГЖО, ГЖ, Ж, КЖ, К, КО, КСН, КС, ОС). Наиболее представительными из них являются насыщенные элементами золы углей марок К, КО. К – Be(0,0147), V(0,11), Cr(0,22), Co(0,0512), Zn(0,13), Cd(0,005); КО – F(0,42), Cr(0,21), Co(0,0616), As (0,61), Se(0,0013), Hg(0,0028), Th(0,038). Не выявлены высокие (Q_{im}) показатели для марок ГЖО, Ж, КЖ. Группы марок углей по показателю N_{im} включают: 1-2 (ДГ, Г; ГЖ, ОС, ТС); 4-5 (КСН, КС, Т); 6-7 (Д; К, КО; СС).

Показатель Q_{im} (%) не связан с N_{im}, т.к. набор элементов не всегда включает высокие монодоминантные Cl, Cr, Mn. Пределы Q_{im} составляют, %: 0,0009-0,09; 0,1-0,8; 1,0-5,12. В первую группу из перечисленных выше входят: Cd, Be, Co, Sb, Pb, Hg, Th, U; во вторую – F, V, Cr, Ni, Zn, As; в третью – Cl, Mn. Границы геохимических фаций могут не совпадать с ограниченными контурами

Таблица 1. Геохимический имидж ТПТ энергетических марок углей

Элементы	Марки углей						
	Д	ДГ	Г	ГЖО	ТС	СС	Т
Be, г/т						716,48 –(26,35)	
F, %	0,47 –						
Cl, %						2,19 –(6,28)	
As, %						0,77 –	–(19,08)
Se, г/т							– (4,31)
Sb, г/т	- 37,72						
Pb, г/т				– 145,09	583,33 –		– (4,82)
V, %	- 0,03						0,16 – (16,00)
Cr, %		0,46 –		– 0,04			
Mn, %						5,12 – (23,10)	
Co, г/т	648,97 –			– 139,29			
Ni, %				– 0,04			
Zn, %							
Cd, г/т		8,75 –8,75					– (2,11)
Hg, г/т					73,95 – 12,05		
Th, г/т							
U, г/т	186,69 – 69,43						– (3,47)

Примечания:

- Записи в таблице содержаний (концентраций) элементов: 185,4–120,89 максимальное-среднее.
- Отношение содержаний: (22.00).
- Максимальное содержание: 1,75; среднее содержание: 6,22.

Таблица 2. Геохимический имидж ТПТ коксующихся марок углей

Элементы	Марки углей							
	ГЖ	Ж	КЖ	К	КО	КСН	КС	ОС
Be, г/т								-7,69
F, %							- (6,31)	- 0,19
Cl, %					- 0,51			
As, %					- 0,22			
Se, г/т							22,79 – 7,09	
Sb, г/т				50,27 –			- (3,85)	
Cr, %							- (27,00)	
Mn, %	- 0,39						- (20,00)	
Co, г/т					- (58,97)			
Ni, %							- (17,00)	
Zn, %	- 0,06			0,13 – (4,33)				
Cd, г/т								
Hg, г/т							- (28,45)	
Th, г/т					377,84 – (9,08)	- 55,70		
U, г/т								

Примечания (примеры):

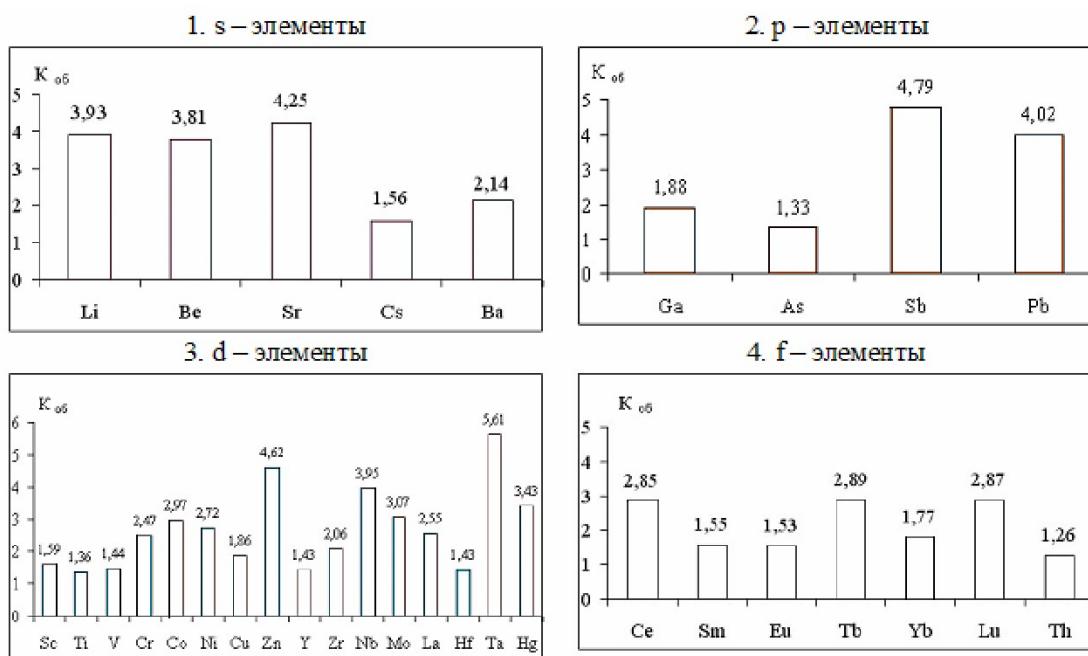
1. Записи в таблице содержаний (концентраций) элементов: 185,4 - 120,89 максимальное-среднее.

размещения марок углей. Последнее утверждение основано на различиях механизмов транспортировки, накопления, перераспределения вещества внутри угленосной толщи при полигенном формировании состава пластов углей и вмещающих пород.

Минеральные ассоциации элементов также не носят признаков моногенности происхождения. Марганец и хлор, «закрепленные» в залах углей, отражают сложные этапы, например, климатиче-

ской истории формирования кузнецкой угленосной толщи. Так, численные отношения содержаний Mn:Cl для ЗШМ кузнецких углей (марки Д+ДГ; СС) равны 2,6 и 2,3. Близость данных отношений может быть объяснима с позиций существования эпизодов засушливых жарких сезонов в истории осадконакопления, когда болотные фации временно сменялись на эвапоритовые.

Устойчивые минеральные формы вхождения в кристаллохимические структуры марганца и хло-

Рис. 1. Показатели обогащения (коэффициент обогащения $K_{об}$) угольного концентрата на ОУ КНС разреза «Моховской»

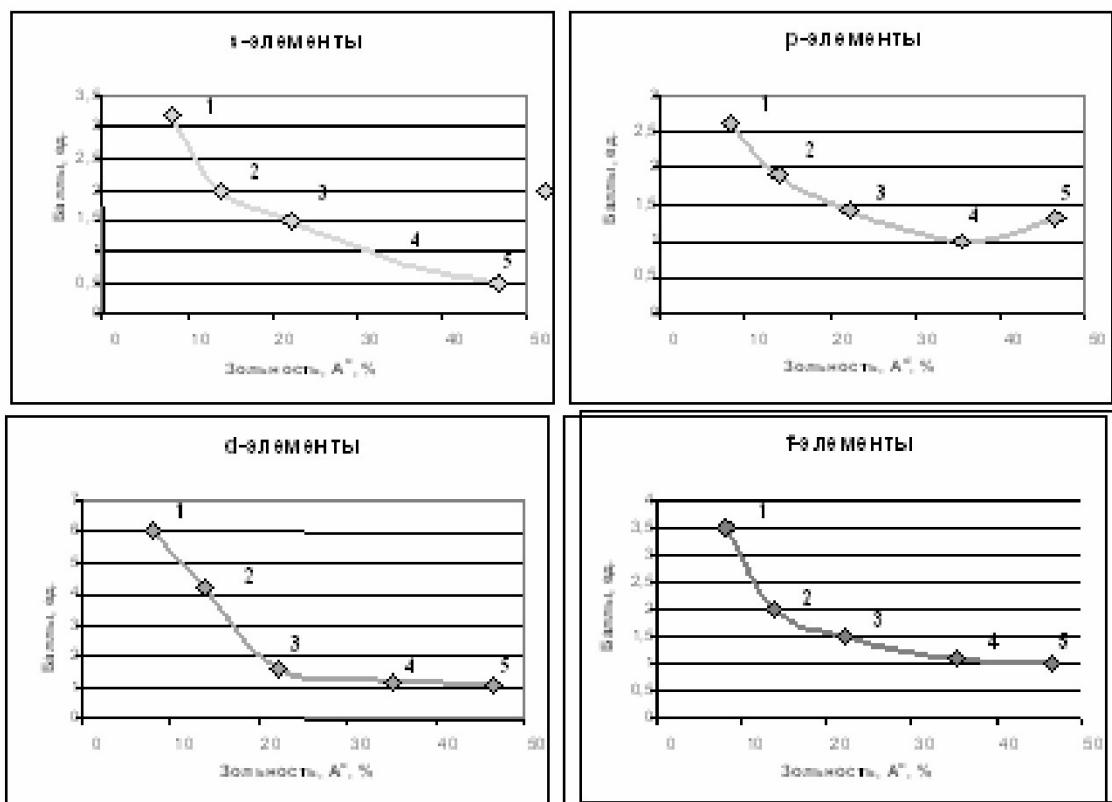


Рис. 2. Средние показатели распределения s, p, d, f -элементов от зольности кузнецких углей. $A^d, \%$.
1. 8,06(7,29-8,44); 2. 13,86 (12,14-15,55); 3. 22,24 (18,60-23,80); 4. 35,34 (32,80-37,42); 5. 46,60 (45,25-48,40)

ра, в этих случаях, прочно закрепились в хемогенных осадках и не подверглись разрушительному последующему влиянию регионального и других видов метаморфизма.

Расчёты по данным 7 проб углей марок Д, Г показали, что главные компоненты ЗШМ – SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO для тайлаганской свиты в сумме содержаний составили 96,64 %. Перераспределение компонентов при сжигании этих углей в золах (fly ash: bottom ash) составляют для SiO_2 – %: (15,62:17,19=0,91); Al_2O_3 (15,11:10,55=1,43); Fe_2O_3 (6,75:0,17=40,0); CaO (3,08:8,58=0,36); В – г/т: (3,0:7,9=0,38); Р (770,0:3845,38=0,2); S (3000,39:8041,03=0,37); Cl (179,99:997,87=0,18); Mn (850,37:2,55=333,5).

Таким образом, расчеты свидетельствуют о том, что летучие и «донные» золы почти в равных пропорциях содержат кремнезем и глинозем; значительно обогащены полуторным оксидом железа, монооксидом марганца. В «донных» золах преобладают Be, P, S, Cl. Приведем также аналогичные данные по марке СС, представленной 47 пробами, взятыми из 15 пластов в разных ГЭР Кузбасса.

В «донных» золах рассматриваемых двух примеров оказались SiO_2 , CaO , P, S, Cl в различных пропорциях. Для (Д, Г) и (СС) они, соответственно, равны: SiO_2 (0,425-0,551); CaO (0,359-0,42); P (0,2-0,48); S (0,373-0,22); Cl (0,18-0,055). В летучих золах – Al_2O_3 (1,432-4,31); Fe_2O_3 (40,0-2,36). Марганец для марок углей (Д, Г) и СС оказался в

разных категориях золы: в Д, Г – 333,5 – летучей; в СС – 0,458 – «донной». Последнее непосредственно зависит от минеральных форм носителей марганца – оксидные характерны для летучих зол; примесные, изоморфные в карбонатах, силикатах, сульфидах – в «донных» золах.

При сухом обогащении углей моховского разреза (КНС) коэффициенты обогащения отражают главные черты распределения элементов, накапливающихся в угольном концентрате и других продуктах (рис. 1).

Максимумы коэффициентов обогащения при этом выявлены для s-элементов (Be, Sr); p (Sb, Pb); d (Zn, Ta); f (Ce, Tb, Lu).

Кузнецкие угли естественно в максимальных пределах 3-6 имеют самые высокие показатели концентраций d-элементов по точкам кривой 1, 2, 3, отвечающим интервалу $A^d = 8,0 - 22,2 \%$ (рис.2). Менее выражена картина концентраций р-элементов (1,5 – 2,5) для того же интервала зольностей.

Локальные неоднородности размещения, например, ртути с повышенным ее содержанием иллюстрируются на рис.3. Литотиты углей и пород по дифференциальным пробам заметно отличаются по пластам Кумпановскому, Верхнему, Двойному-Промежуточному (все – Р_{1pr}) поля шахты «Бутовская». Марки углей указанных пластов отвечают показателям ГОСТ 25543-88 для КО, КС и К. Последняя марка размещена в пласте

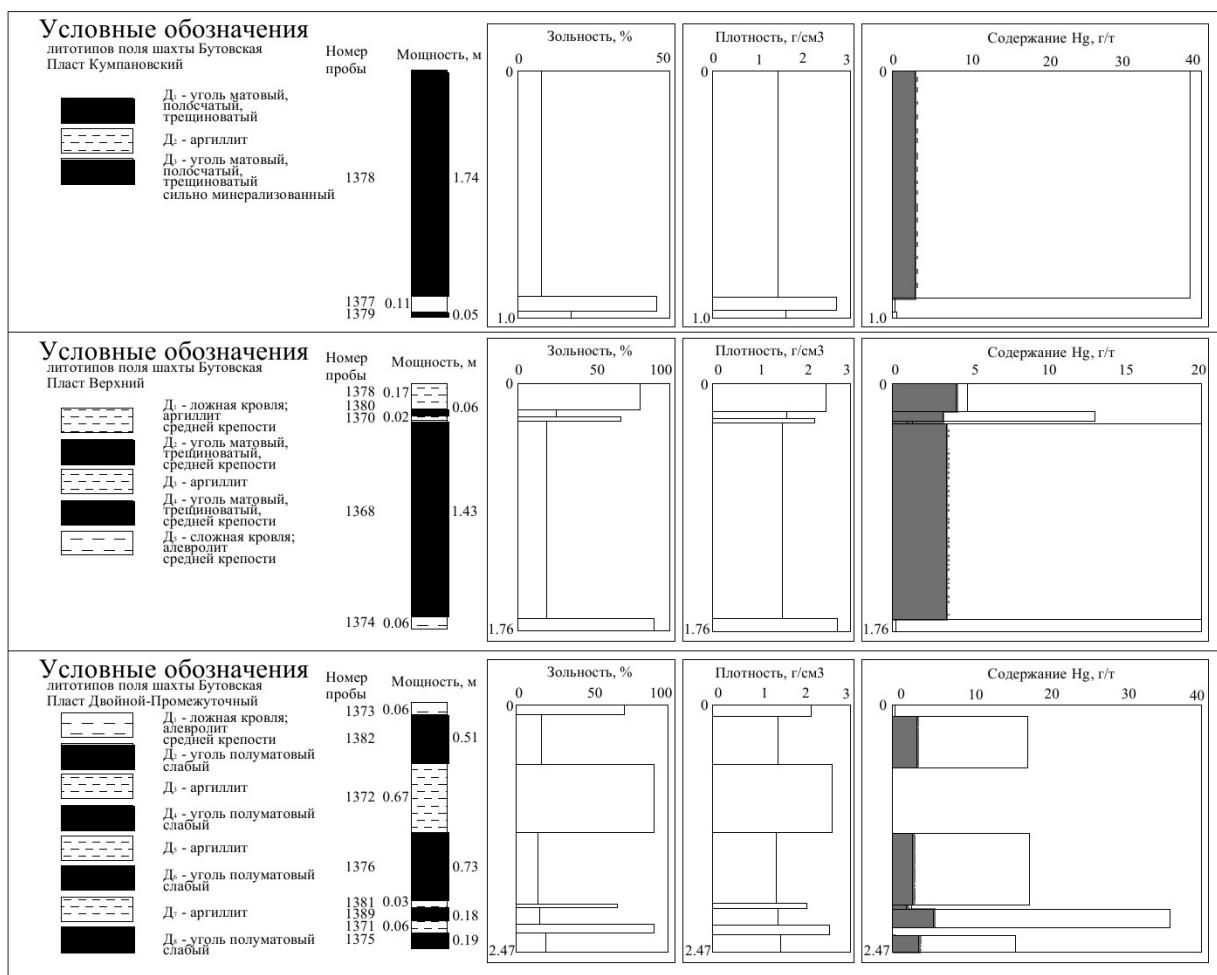


Рис. 3. Литотипы фации ртути поля шахты «Бутовская» Кемеровского ГЭР.
Содержания в породах, углях – чёрный цвет, содержание в золе – серый цвет

Двойном-Промежуточном вместе с КО, КС. Показатели имиджа марки КС углей для ртути существенно отличимы (28,45). Среднее содержание в ЗШМ ртути в промежуточной свите – 3,79 г/т.

Итоги предшествовавшего этапа изучения геохимии кузнецких углей нами подведены в работах [1-6]. Они представляют теоретический и практический интерес для инноваций в областях развития научно-технического прогресса поисков и глубокой переработки бедных руд, отходов добывчи, обогащения и потребления каменных углей. Современное состояние проблемы комплексной и исчерпывающей переработки добываемых полезных ископаемых представляется нам недостаточно освещенной детальными знаниями о связях химических элементов в сырье и способности к их разделению традиционными способами и с применением новых технологий.

Расчетные данные [2] о дополнительных ре-

урсах редкоземельных элементов (Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu), а также иттрия, лантана, тория, урана и оценка их стоимости по содержаниям в кузнецких углях составляет в сумме 290,901 млрд.USD (при расчете по курсу 1,0 долл. = 30,0 руб. и ценах на металлы за 2003 год). При этом максимальные доли (%) доходов могут быть получены при переработке углей марок: Г(14,48); Ж(11,0); КО(9,46); СС(9,84).

Таким образом, выбор технологий и выбор наиболее насыщенного ценными металлами сырья являются неразделимыми направлениями поискового процесса при становлении промышленности по глубокой и экономически выгодной переработке минерального сырья.

Работа выполнена при финансовой поддержке 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. *Нифантов Б. Ф.* Геохимия и оценка ресурсов редкоземельных и радиоактивных элементов в кузнецких углях. Перспективы переработки / Б. Ф. Нифантов, В. П. Потапов, Н. В. Митина. - Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2003. - 104 с.

3. 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.

4. *Нифантов Б. Ф.* О высоких концентрациях ниобия и tantalа в кузнецких углях / Б. Ф. Нифантов, А. Н. Заостровский // Вестн. Кузбасского техн. унив., 2007. № 5. - С. 68-72.

5. Экологические проблемы угледобывающих районов при закрытии шахт. Комплексное исследование экологических проблем при закрытии угольных предприятий и освоении новых угольных месторождений / Под ред. Г. И. Грицко и др. - Кемерово: ИД «Азия», 2001. - 240 с.

6. *Nifantov B. F.* Coal Geochemistry of Kuzbass / B. F. Nifantov, V. P. Potapov // Twentieth Annual Int. Pittsburgh Coal Conf. Sept. 15-19 2003. - Pittsburgh, Pennsylvania. Recorded in USA. ISBN 1-890977-20-9. Copyright. - 12 p.

7 *Нифантов Б.Ф..* Минеральные ресурсы Кузбасса при реализации глубокой переработки угля / Нифантов Б.Ф., Заостровский А.Н. // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2008, № 5. С. 81-86

□ Авторы статьи:

Нифантов 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
---	---