

Библиографический список

1. Гойжевский А.А., Науменко В.В., Скаржинский В.И. Тектоно-магматическая активизация регионов Украины. — Киев: Наук. думка, 1977. — 118 с.
2. **Петрология**, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита / Есипчук К.Е., Шермет Е.М., Зинченко О.В. и др. — Киев: Наук. думка, 1990. — 236 с.
3. **Карта** редкометального оруденения Украинского щита масштаба 1:1500000 / Л.В.Бочай, Л.С.Галецкий, В.А.Колосовская, В.Е.Покидько. — Киев: Геоинформ, 1995.
4. **Новые** проявления флюорита в Восточном Приазовье / Панов Б.С., Кривonos В.П., Полуновский Р.М. и др. // Доклады АН УССР. — сер. Б, 1988. — № 10. — С. 20–22
5. **Метаморфические** комплексы восточной окраины и склона Украинского щита / Закруткин В.В., Кулиш Е.А., Зайцев А.В. и др. — Киев: Наук. думка, 1990. — 252 с.
6. **Минералогия** Приазовья / Лазаренко Е.К., Лавриненко Л.Ф., Бучинская Н.И. и др., 1980. — 432 с.
7. **Шаталов Н.Н.** Дайки Приазовья. — Киев: Наук. думка, 1986. — 192 с.
8. **Гущенко О.И.** Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. — М., 1979. — С. 7–25.
9. **Тектонический** стресс-мониторинг и поля напряжений Причерноморского региона / Гущенко О.И., Гущенко Н.Ю., Мострюков А.О. и др. // Наук. праці ДонНТУ, сер. гірничо-геологічна. — Донецьк, 2001. — Вип. 32. — С. 104–117.
10. **Тектонические** поля деформаций Украинского щита / Дудник В.А., Емец В.С., Корчемагин В.А. и др. // Наук. праці ДонНТУ, сер. гірничо-геологічна. — Донецьк, 2002. — Вип. 45. — С. 94–100.
11. **Корчемагин В.А., Никольский И.Л., Емец В.С., Иванов А.П.** Тектонофизический анализ при изучении горных пород и рудных тел Чу-Илийского рудного пояса // Геотектоника, 1990. — № 4. — С. 38–44.
12. **Парфенов В.Д.** К методике тектонофизического анализа геологических структур // Геотектоника, 1984. — № 1. — С. 60–72.
13. **Гинтов О.Б., Исай В.М.** Тектонофизические исследования разломов консолидированной коры. — Киев: Наук. думка, 1988. — 228 с.

© *Алехин В.И.*, 2004

УДК 553.93+550.42+577.4

Инж. НИКИТЕНКО А.В., инж. МАЛЬЧЕНКО А.К. (ДонНТУ)

РАССЕЯННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В УГЛЯХ ПЛАСТОВ N₈ И N₁₀ ШАХТЫ «КИРОВСКАЯ» ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Угленосные формации занимают 15% площади континентов. Мировые ресурсы угля по разным источникам оцениваются в 16–20 трлн. т, а разведанные запасы составляют 3366 млрд. т.

Ископаемый уголь является горючей биогенной горной породой — каустобиолитом. Горючую часть угля (в которую входят С, О, Н, N и часть S) называют «органической», а все остальное считается «неорганическим», несмотря на то, что в это число попадают те же химические элементы — С (в карбонатах), Н и О (в силикатах и других минералах), S (в сульфидах и сульфатах). Если принять среднюю зольность добываемых углей равной 15%, то ежегодно из недр нашей планеты извлекается не менее 250–280 млн. т угольного неорганического вещества.

В химическом составе неорганического вещества угля можно выделить две группы химических элементов. Одна группа — это главные элементы: Si, Al, Fe, Ca,

Mg, Na, K, (\pm S, P). Это те же самые элементы, которые составляют 99 % массы горных пород (породообразующие); в углях на их долю приходится до 99 % всего неорганического вещества. Другая группа — это второстепенные элементы, или элементы-примеси, составляющие обычно не более 1% от всего неорганического вещества. Их называют в англоязычной литературе *minor*, или *rare*, или *trace elements*, а в немецкой — *Spurenelemente*.

Среди рассеянных элементов имеются ценные редкие металлы, такие как Ge, Ga, U, Mo, Be, Sc, TR. С другой стороны, присутствуют такие элементы, как Cl, F, Hg, As, Se, Cr и др. Вместе с соединениями серы, азота и фосфора они резко снижают качество чугуна и стали (при использовании в металлургии кокса), образуют зольные отложения на различных частях бойлерных установок, сильно корродируют стенки котлов и труб, отравляют воздух, воду и растительность вблизи от утлепотребляющих предприятий (электростанций, коксохимических заводов и др.).

Кроме того, стоимость редких металлов, присутствующих в углях, в некоторых случаях может превысить стоимость самого угля. Такие угли могут рассматриваться как редкометалльные руды, а их органическое вещество — как попутный продукт [1,2].

Для изучения характера распределения рассеянных элементов в углях пластов h_8 и h_{10} шахты «Кировская» было изучено 54 керновых пробы по 54 пластопересечениям.

Содержание некоторых элементов превышает фоновые значения в 1,5–3 раза по палеозойским каменным углям Донбасса: никель (до 50 г/т), ванадий (до 150 г/т), хром (до 100 г/т).

Содержания большинства малых компонентов в углях близки к кларковым значениям, образуя в отдельных случаях высокие концентрации (табл. 1).

Табл. 1. Содержания рассеянных элементов в углях пластов h_8 и h_{10} шахты «Кировская»

Элемент	Содержание, г/т							
	h_8				h_{10}			
	max	min	сред.	фон.	max	min	сред.	фон.
Ba	700	50	277,4	-	2000	10	539,7	-
Be	8	0,5	2,3	3	5	0,1	1,5	3
Co	20	3	9,8	7	50	5	12,5	7
Cr	100	5	26,8	15	100	5	38,4	15
Cu	30	7	18	10	100	5	32,1	10
Hg	0,35	0,001	0,03	0,2	0,9	0,01	0,26	0,2
Mo	1,5	0,25	0,7	3	2	0	1,2	3
Nb	25	4	11,1	0,04	20	5	11,6	0,04
Ni	30	5	15,6	20	50	5	22,8	20
Pb	30	1,5	8	10	50	1	11,5	10
Sc	15	0,5	2,5	2	20	1,5	5,7	2
Ti	1500	50	798,5	500	5000	30	1427,3	500
V	50	5	23,7	30	150	1	45	30
Zn	100	5	20	30	200	5	40,5	30
Zr	100	10	55,7	15	200	10	67,3	15

Характер распределения рассеянных элементов угольного пласта h_8 по локализации зон повышенного содержания можно условно разделить на две группы.

Группа I (Ba, Be, Hg, Mo, Ni, Sc). Зоны повышенного содержания элементов первой группы сосредоточены в западной и юго-западной частях участка — между сбросом «А», ограничивающим участок с востока, и сбросом «Б», располагающимся

в центральной части; юго-восточной части — между сбросом «А» и Ливенским сбросом, ограничивающем участок с востока, а также центральной части.

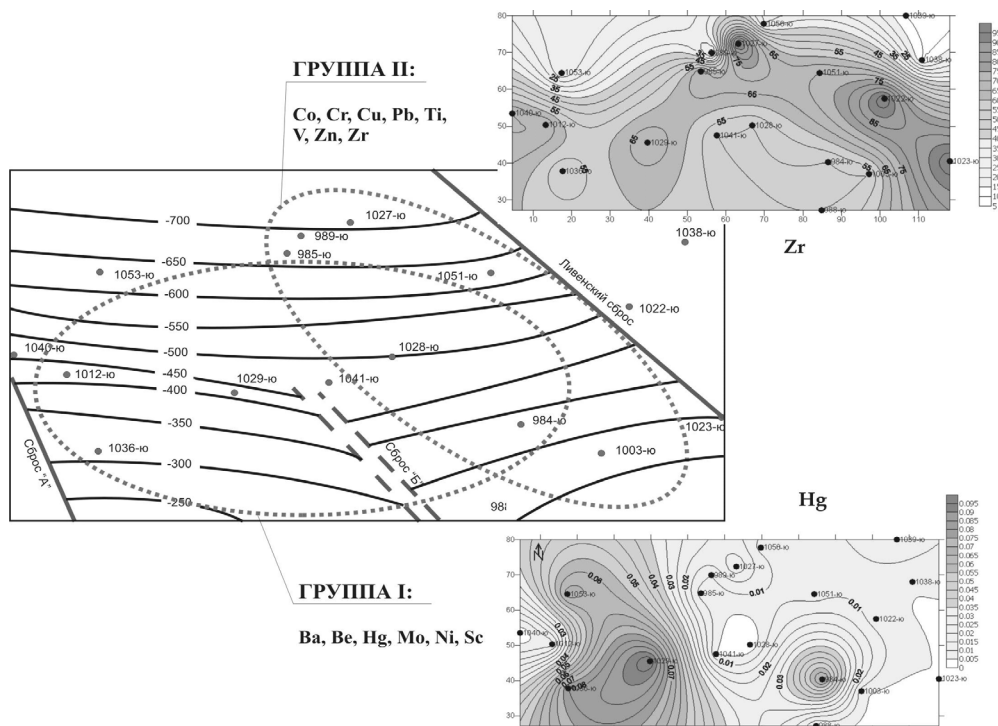


Рис. 1. Распределение рассеянных элементов по пласту h_8 шахты «Кировская»

Группа II (Co, Cr, Cu, Pb, Ti, V, Zn, Zr). Зоны повышенного содержания элементов второй группы сосредоточены в восточной части участка в области, располагающейся вдоль Ливенского сброса и сброса «Б».

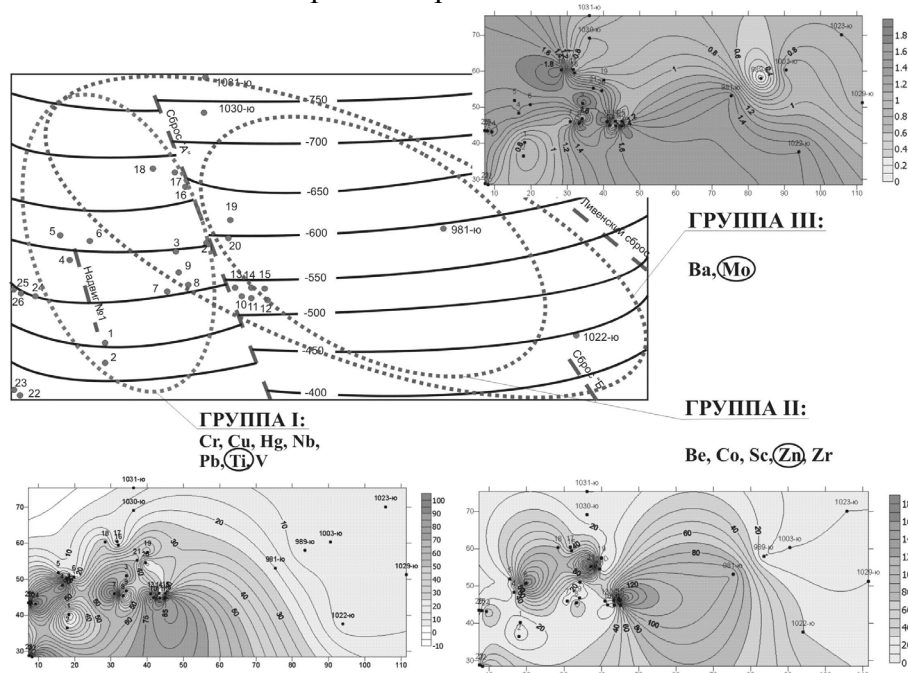


Рис. 2. Распределение рассеянных элементов по пласту h_{10} шахты «Кировская» Характер распределения рассеянных элементов угольного пласта h_{10} по локализации зон повышенного содержания можно условно разделить на три группы

Группа I (Cr, Cu, Hg, Nb, Ni, Pb, Ti, V). Зоны повышенного содержания элементов первой группы сосредоточены в западной и юго-западной частях участка — западнее и в пределах сброса «А».

Группа II (Be, Co, Sc, Zn, Zr). Зоны повышенного содержания элементов второй группы сосредоточены несколько к востоку от сброса «А» и в восточной части участка в области, располагающейся вдоль Ливенского сброса и сброса «Б».

Группа III (Ba, Mo). Зоны повышенного содержания элементов третьей группы представляют собой обширные области, простирающиеся с юго-востока на северо-запад.

Проанализировав карты распределения рассеянных элементов по исследуемым пластам, удалось выявить связь между локализацией зон повышенных концентраций элементов и тектоническими нарушениями: зоны повышенной концентрации элементов часто расположены вблизи сместителей тектонических нарушений или приразломных пликативных структур (табл. 2).

Табл. 2. Зоны повышенных концентраций рассеянных элементов относительно тектонических нарушений

Элемент	Шахта «Кировская»						
	h ₈			h ₁₀			
	Сброс «А»	Сброс «Б»	Ливенский сброс	Сброс «А»	Сброс «Б»	Ливенский сброс	Надвиг №1
Ba	+	+	+	+	+		+
Be	+	+	+	+	+	+	+
Hg	+	+	+	+		+	+
Mo	-	-	-	-	-	-	-
Ni	+	+	+	+			+
Sc		+	+	+	+		+
Co	+	+	+	+	+	+	
Cr	+	+	+	+			+
Cu	+	+	+	+			+
Pb	+	+	+	+			+
Ti	+	+	+	+	+		+
V	-	-	-	-	-	-	-
Zn	+	+	+	+	+		+
Zr		+	+	+	+		+

Примечание: «+» — наличие вблизи зоны повышенных концентраций элемента вблизи тектонических нарушений; «-» — отсутствие повышенных концентраций элемента вблизи тектонических нарушений

Эта закономерность позволяет нам сделать некоторые выводы, относительно тектоно-структурных предпосылок характера распределения рассеянных элементов:

— сеть тектонических нарушений может служить элементом, контролирующим зоны повышенной минерализации угольного пласта, а также вмещающих пород;

— наличие пликативных структур, особенно близи тектонических нарушений, можно гипотетически рассматривать как область концентрации гидротермальных растворов, проникновение которых контролируется тектоническими нарушениями.

Учитывая разуплотненность пород вблизи тектонических нарушений (а также их состав) можно предположить, что эти зоны будут являться зонами повышенной минерализации, следовательно, зонами повышенной концентрации ряда элементов.

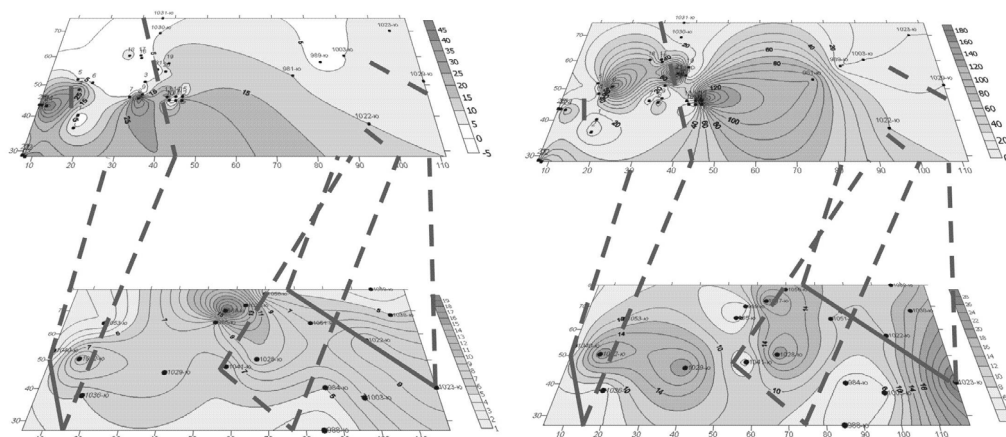


Рис.3. Связь распределения свинца (слева) и цинка (справа) по пластам h_8 и h_{10} шахты «Кировская» и тектонических нарушений

Вместе с тем, минерализация угольного пласта могла происходить в период образования пласта. В данном случае распределение изучаемых компонентов в пласте контролировалось бы интенсивностью, составом и местом отложения выносимого из зоны выветривания материала, а также последующими процессами изменения угольного пласта (табл. 3).

Табл. 3. Наиболее вероятные формы нахождения рассеянных элементов в углях [7]

№	Название элемента	Нахождение
1	Мышьяк	Пирит
2	Ртуть	Пирит
3	Бериллий	Органические соединения
4	Фтор	Различные минералы
5	Марганец	Сидерит, анкерит
6	Свинец	Галенит
7	Никель	Комплексные соединения
8	Ванадий	Глина, органические соединения
9	Кобальт	Комплексные соединения
10	Хром	Органические соединения, хромит
11	Медь	Халькопирит, пирит
12	Молибден	Аксессуарные сульфиды, органические соединения
13	Цинк	Сфалерит
14	Олово	Оксиды, сульфиды

В стадию диагенеза по толще осадка, перекрытого более молодыми слоями, следовательно, изолированного от среды, происходила циркуляция иловых вод, по своему химическому составу обычно отличающихся от вод бассейна. При этом могли образовываться новые минералы.

При эпигенетических процессах также наблюдалось образование новых минералов, но при условиях более высоких температур и давления.

Так, к примеру, бериллий, галлий, хром связаны преимущественно с органической частью угля, в основном с гелифицированными его компонентами. Однако характер их распределения в угольных пластах h_8 и h_{10} имеет некоторые особенности, в частности, зональный характер максимальных содержаний элементов и связь с

тектоническими нарушениями, очевидно контролирующими повышенные содержания данных элементов.

Свинец и цинк находятся в углях преимущественно в виде сульфидов и концентрируются в тяжелых фракциях. Характер распределения и повышенные содержания свинца и цинка позволяют предположить эпигенетическое гидротермальное происхождение этих элементов.

Германий в углях в основном связан с их органической частью и находится в виде германийносных соединений, концентрируется преимущественно в гелифицированных компонентах.

Молибден связан одинаково как с минеральной, так и с органической частью угля. Относительно низкие содержания (фоновое содержание Мо — 3 г/т) молибдена позволяют исключить вероятность вторичного происхождения элемента. Характер распределения молибдена в угольных пластах h_8 и h_{10} , предположительно связан с биогенной аккумуляцией в момент осадконакопления.

Повышенные содержания ванадия в угольных пластах h_8 и h_{10} связаны с гелифицированной частью углей.

Ртуть в углях находится в составе сульфидов и органических соединений. Повышенные концентрации и характер распределения ртути, должно быть, имеют эпигенетическое гидротермальное происхождение.

Медь, мышьяк и марганец находятся в составе сульфидов. Повышенные содержания этих элементов и характер их распределения имеют эпигенетический гидротермальный характер.

Никель и кобальт находятся в составе комплексных соединений. Повышенные содержания этих элементов и характер их распределения в угольных пластах имеют эпигенетический гидротермальный характер.

Зоны повышенного содержания бария, скандия, ниобия, титана и циркония, вероятно, также контролируются тектоническими нарушениями и имеют эпигенетический гидротермальный характер [3-8].

Таким образом, учитывая особенности накопления рассеянных элементов в углях (табл. 3), можно сделать следующие выводы:

— локализация зон повышенных концентраций рассеянных элементов в углях связана с процессами накопления последних во время образования угольного вещества, во-вторых, со вторичными процессами минерализации углей;

— локализация зон повышенных концентраций рассеянных элементов в углях связана со вторичными процессами минерализации углей и контролируется тектоническими нарушениями и сопровождающими их пликативными структурами, как по площади, так и в разрезе (табл. 2).

Библиографический список

1. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Неорганическая геохимия угля: аспекты теории. — Сыктывкар, Геопринт, 2003. — 56 с.
2. Панов Б.С. Современные экологические проблемы Украины и Донецкого бассейна // Минералогический журнал, 1993. — № 6.
3. Клер В.Р. Изучение сопутствующих полезных ископаемых при разведке угольных месторождений. — М., Недра, 1979. — 272 с.
4. Клер В.Р., Волкова Г.А., Гуревич Е.М. и др. Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР: геохимия элементов. — М.: Наука, 1987. — 239 с.
5. Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Мерц А.В. Элементы-примеси в ископаемых углях. — Л.: Наука, 1985. — 239 с.

6. **Коробицкий И.А., Шпирт М.Я.** Генезис и свойства минеральных компонентов углей. — Новосибирск: Наука: Сиб. отд-ние, 1988. — 227 с.

7. **Юровский А.З.** Минеральные компоненты твердых горючих ископаемых. — М.: Недра, 1986. — 214 с.

8. **Finkelman R.B.** Modes of occurrence of trace elements in coal// U.S. Geological Survey Open-File Report. — University of Maryland, 1980. — No. OFR-81-99. — 301 pp.

© *Никитенко А.В., Мальченко А.К., 2004*

УДК 553.93/96.08(4.77.61/.63)

Докт. геол.-мин. наук ДОБРОГОРСКИЙ Н.А., канд. геол.-мин. наук САФОНОВ И.Л., инж. МИХАЛОЧЕНОК Д.Я., инж ТОЛУБЕЦ Д.В. (НГУ)

ОЦЕНКА ЗОЛОШЛАКОВИХ ОТХОДОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Современная тепловая электростанция мощностью 1800 МВт ежегодно сжигает 2 млн.т угля, образуя при этом более 400 тыс.т золы-уноса и 70 тыс.т шлака (при зольности угля в среднем 25%) [1,2]. Очевидно, что эти продукты занимают значительные территории земной поверхности и загрязняют окружающую среду.

По структуре зола-уноса угольных тепловых электростанций представлена тонкодисперсными частицами сферической формы (микросферами) аморфного (стекловидного) вещества, образующегося в результате высокотемпературного пылевидного сжигания твердого органического топлива.

Анализ состава золы-уноса Приднепровской ТЭС показал, что в ее составе среди микросфер хаотично рассеяны обломки несгоревшего угля (недожег), содержание которых изменяется от 12,0 до 23,6% и составляет в среднем 17,8%. Общий объем золы-уноса в золошлаковом отвале ТЭС составляет более 20 млн.т [3]

Вследствии высокой температуры в топке котлоагрегата (температура доходит до 1600–1700° С) минеральные частицы, несмотря на весьма большую скорость движения пылегазового потока, успевают переходить в жидкое состояние. Образованию частиц сферической формы способствует сама технология высокотемпературного пылевидного сжигания топлива. Кроме того, высокая скорость движения пылегазового потока препятствует агрегации капель расплава и, естественно, их шлакованию, в результате чего выход шлака составляет в среднем лишь 15% от общего выхода твердых отходов. Формирование аморфной структуры частиц золы-уноса вызвано резким охлаждением их капель. Охлаждение наступало, очевидно, настолько быстро, что структура расплава успевала замораживаться.

Результаты магнитной сепарации золы-уноса, ее отсева и разделения по плотности приведены в таблице 1. Разделение проводилось в смесях бромформа (2,89 г/см³) и этил-спирта (0,789 г/см³). Анализ таблицы 1 показывает, что искусственная сегрегация золы по плотности позволяет выделить из нее четыре фракции:

1) тяжелая фракция (более 2 г/см³) составляет 66,85% общей массы исходной пробы, в которой класс отсева менее 0,14 мм превышает 95%.

2) легкая фракция (менее 2 г/см³) составляет четвертую часть общей массы пробы (27,46%). Класс отсева менее 0,14 мм в ней колеблется в пределах 60–75%.

3) недожег органики концентрируется в легкой фракции, поэтому данную фракцию следует рассматривать как топливосодержащую.