

сводовой части в процессе формирования складки, т.е. на завершающих стадиях он «перекачивается» к северо-востоку относительно своего изначального положения.

По данным А.И. Резникова [1] появление Бобриковской и Нагольчанской антиклиналей предварялась образованием конседиментационных поднятий, выразившихся в рельефе морского дна песчаными банками. Эти «эмбриональные» палеоструктуры имели субширотную ориентировку, формируя в плане левый эшелон складок. Образование подобных структурных форм, на наш взгляд связано с механизмом продольно-зонального сдвигания в надразломной зоне крупного правого сдвига фундамента.

В дальнейшем, при нарастании деформаций в надсдвиговой зоне растущие складки разворачивались по часовой стрелке, к её оси, приобретая современную северо-западную ориентировку (рис. 2).

Положение «эмбриональной» складки в современной геологической структуре Бобриковского месторождения маркируется пологим флексуобразным плечом в обоих крыльях купола и системой развитых вдоль него субширотных разломов (рис. 1).

Таким образом, формирование Бобриковского месторождения представляло собой единый, последовательный деформационный процесс, включавший заложение и развитие купольной складки с одновременным образованием прожилковых форм рудного штокверка.

Суммируя все вышеизложенное можно сделать следующие выводы:

— прожилки, формирующие рудный штокверк, выполняют нормальносекущие трещины в своде палеоантиклинали;

— по механизму образования Бобриковская брахиантиклиналь является складкой продольного изгиба;

— заложение и развитие складок южной ветви Главной антиклинали происходило в зоне продольно-зонального сдвигания над крупным правым сдвигом фундамента.

Библиографический список

1. Резников А.И. Об особенностях строения и развития локальных поднятий Главной антиклинали Донбасса (на примере Бобриковской антиклинали) // Геологический журнал, 1981. — Т.41. — №4. — С. 114–122.
2. Бондаренко П.М. Лучицкий И.В. О полях напряжений в складках, возникающих вследствие продольного изгиба // Док. АН СССР, 1969. — Т.188. — №4. — С. 878–880.
3. Бондаренко П.М. Моделирование надвиговых дислокаций в складчатых областях. — Новосибирск: Наука, 1976. — С. 188.

© Емец В.С., Уколов В.Д., 2005

УДК 553.93+550.42+577.4

Инж. НИКИТЕНКО А.В. (ДонНТУ)

РТУТЬ И МЫШЬЯК В УГЛЯХ ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОГО РАЙОНА

С угленосными формациями часто парагенетически связаны повышенные концентрации ряда редких, радиоактивных элементов, цветных и благородных металлов, выделяемых под условным названием «малых» элементов. И хотя содержание малых элементов, наряду с основными углеобразующими и золотообразующими элементами, составляет менее 1%, они имеют большое практическое значение (германий, уран), однако извлечение большей части из них, как попутного компонента, является далекой

перспективной, вследствие невысоких содержаний и наличия достаточного количества других видов сырья.

С другой стороны, часть малых элементов (мышьяк, ртуть, свинец и др.), концентрирующиеся в углях в больших количествах, являются вредными компонентами, представляющими потенциальную опасность заражения окружающей среды.

Накопление малых элементов носит как сингенетичный, так и эпигенетичный характер по отношению к угленакоплению и происходит преимущественно вследствие их концентрации, во-первых, на сорбционных барьерах, связанное с сорбцией малых элементов органическим веществом из вод, поступающих в торфяник или пласт (Ge, V, Be). Во-вторых, накопление на восстановительных барьерах при поступлении кислотосодержащих вод в пласты угленосных формаций с высокой восстановительной емкостью, объясняемой высоким содержанием органики; характерно для элементов (U, Zn, Pb, Mo и др.), обладающих высокой контрастностью миграции в подобных средах. В-третьих, за счет осаждения на термодинамических барьерах вследствие гидротермальной деятельности, а также биогенной концентрации, в значительно меньшей степени.

Исследования, проведенные в Донбассе, показали, что при низком фоновом содержании 0,1–0,2 г/т в углях всех марок повышенные концентрации (до 200–1000 г/т) связаны с эпигенетическими ореолами рассеяния вокруг гидротермальных сульфидных ртутных и полиметаллических месторождений и рудоконтролирующих разрывных нарушений (Никитовское рудное поле, Ново-Дмитровское месторождение).

Ртуть в углях находится в составе сульфидов, в основном в составе эпигенетического пирита, и органических соединений (табл. 1). Отмечается корреляционная связь содержания в углях ртути с мышьяком и сурьмой [1,2].

Табл. 1. Формы нахождения и максимальные концентрации (г/т) мышьяка, ртути и сурьмы в углях [3,4]

Авторы	Senior и др.		Shao и др.		Palmer и др.	
	Форма	Max	Форма	Max	Форма	Max
As	Pu	250	S	25	Pu, Sl	45
Hg	S, E	10	-	-	Pu, O	0,50
Sb	S, Pu	40	-	-	Sl, O	2,1

Примечание: Pu – пирит, Sl – силикаты, S – сульфиды, E – самородный, O – органические соединения

Среднее содержание ртути в пластах угля шахт Донецко-Макеевского горнопромышленного района изменяется в диапазоне от 0,156 до 3,09 г/т. В таблице 2 отражены средние значения содержания ртути (в основном превышающие порог содержания в 1 г/т) в пластах угля некоторых шахт района (всего 165 проб).

Содержание ртути, не превышающее 1 г/т, выявлено в угольных пластах с₁₁, с₁₃ (Южно-Донбасская №1), h₄ (№12 Наклонная, Моспинская, им. 60 лет Украины), h₆¹ (Скочинского), h₇ (Петровская, № 29, им. Горького, им. Калинина, № 6 Красная Звезда), k₁, k₂¹, k₃^{B+H} (Холодная балка №3), k₅ (им. Кирова, Грузская, Наклонная, Пролет. Крутая, Холодная балка № 3, Челюскинцев, им. Калинина), k₈ (им. Челюскинцев, Трудовская, им. Абакумова, Куйбышевская, им. Засядько, им. Поченкова, им. Орджоникидзе, им. Ленина), l₄ (Челюскинцев, Трудовская, Лидиевка, им. Абакумова, Куйбышевская), m₂ (им. Челюскинцев, Трудовская, № 21 ш/у Ясиновское), n₁ (Октябрьская, Бутовка-Донецкая) и др.

Табл. 2. Среднее содержание ртути в пластах угля ряда шахт Донецко-Макеевского горнопромышленного района [5]

Шахта	Индекс пласта	Число проб	Hg, г/т
Моспинская, № 2 Соц. Донбасс	g ₂	4	2,3425
им. Горького, №9 Капитальная, № 12 Наклонная, № 12-18 им. газ. Правда	h ₃	1	1,39
Заперевальная, им. газ. Соц. Донбас, Глубокая	h ₅	4	1,09
Глубокая, №6 Красная Звезда, им.60 лет Сов. Укр.	h ₆	2	1,6
Петровская, № 29, им. Горького, им. Калинина, № 6 Красная Звезда	h ₈	6	1,21
№ 29, Кировская западная, им. Горького, им. Калинина, им. Газ. Соц. Донбасс, им.60 лет Сов. Украины	h ₁₀	6	2,05
Пролет. Крутая, 10-бис	k ₂	4	1,06
Пролетарская крутая	k ₃ ¹	4	1,71
	k ₄	6	1,23
им. Кирова	k ₂ ²	3	3,09
	k ₃	4	1,23
им. Кирова, Кировская западная, Холодная балка № 3	k ₄ ^{2B}	5	1,31
им. Челюскинцев, Трудовская, Лидиевка, Куйбышевская, им. Засядько	l ₁	6	1,53
Грузская, Наклонная, им. Ленина, им. Орджоникидзе	l ₂ ¹	5	1,66
Лидиевка	l ₃	8	0,35
Челюскинцев, Трудовская, Лидиевка, им. Абакумова, Куйбышевская	l ₄	2	0,28
им. Абакумова	l ₇	3	0,32
	m ₅	5	0,44
Куйбышевская, Октябрьский рудник	l ₈	3	0,62
Лидиевка, им. Засядько	l ₇ ¹	4	0,39
Лидиевка, Куйбышевская, Панфиловская, Октябр. рудник, им. Засядько	l ₈ ¹	3	1,9
им. Челюскинцев, Трудовская, № 21 ш/у Ясиновское	m ₂	5	0,93
им. Челюскинцев, Трудовская, им. Абакумова, Куйбышевская, Октябр. рудник, им. Засядько, им. Поченкова, им. Бажанова, Чайкино, Ясиновская, им. 9 пятилетки	m ₃	4	1,68
Октябрьская, Бутовка-Донецкая	n ₁	2	0,67

Анализируя эти данные можно сделать вывод, что средние значения ртути в угольных пластах шахт района превышают среднее значение ртути (0,17 г/т) для ископаемых углей, в основном битумных образцов, что характерно для углей, значительно удаленных от известных полиметаллических месторождений.

Исследования в углях ряда шахт Донецко-Макеевского и Центрального горно-промышленных районов относительно пластового и площадного распределения малых элементов, проведенные геологами ДонНТУ в сотрудничестве с геологами USGS (США), в частности, на шахте «Глубокая» (пласты h_6 и h_{10}), показали, что в пробах верхней части пластов (D-1, D-4), в сравнении с пробами средней части (D-2) и почвы (D-3, D-5), наблюдается обогащение серой и примесями металлов. При этом заметного различия в содержании золы не наблюдается (рис 1). Считается, что обогащение углей малыми элементами в региональном масштабе связано с близостью крупных разломов. Вместе с тем, возможно, что вариации содержаний малых элементов в пределах шахт объясняется также близостью к зонам менее значительных тектонических нарушений, способных обеспечить доступ к гидротермам, что наблюдалось в угольных пластах северной Алабамы (США), где обогащение связано с локальными тектоническими нарушениями [6].

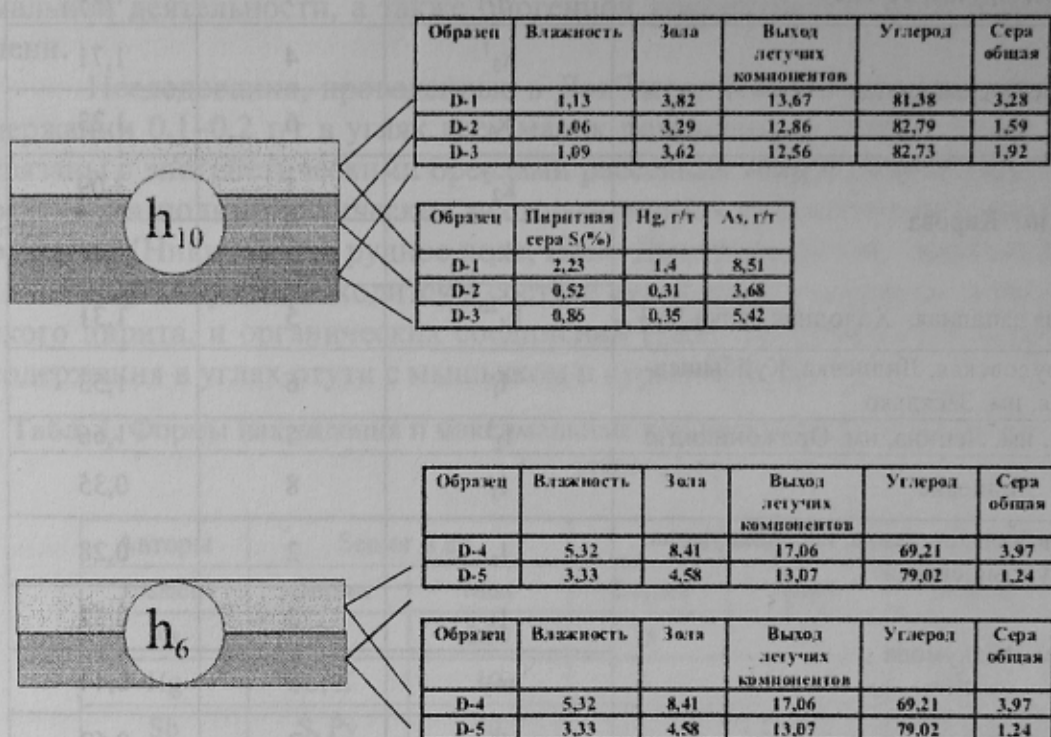


Рис. 1. Качественные показатели и содержание ртути и мышьяка в угле пластов h_6 и h_{10} шахты «Глубокая» Донецко-Макеевского горнопромышленного района

Среднее содержание мышьяка в пластах угля шахт Донецко-Макеевского горно-промышленного района изменяется в диапазоне от 12,5 до 460 г/т (табл. 3).

В угольных пластах c_6^1 , c_{10}^2 , c_{11} , c_{13} (Южно-Донбасская №1), h_6^1 (Скочинского), h_7 (Петровская, № 29, им. Горького, им. Калинина, № 6 Красная Звезда), k_4 (Пролетарская Крутая) мышьяк не был выявлен. В пластах g_1 (Моспинская, № 2 Соц. Донбасс), h_8 (Петровская, № 29, им. Горького, им. Калинина, № 6 Красная Звезда), h_{10} (№ 29, Кировская западная, им. Горького, им. Калинина, им. Газ. Соц. Донбасс, им. 60 лет Сов. Украины), k_7 (им. Орджоникидзе) не наблюдается превышение среднего содержания мышьяка (24 г/т) для ископаемых углей. Однако в большинстве случаев присутствует значительное превышение данного показателя (максимально — в 20 раз).

Табл. 3. Среднее содержание мышьяка в пластах угля ряда шахт Донецко-Макеевского горнопромышленного района [5]

Шахта	Индекс пласта	Число проб	As, г/т
им. Горького, №9 Капитальная, № 12 Наклонная, № 12-18 им. газ. Правда	h_3	1	460
№12 Наклонная, Моспинская, им. 60 лет Украины	h_4	2	135
Заперевальная, им. газ. Соц. Донбас, Глубокая	h_5	4	50
Глубокая, №6 Красная Звезда, им.60 лет Сов. Укр.	h_6	2	210
№10 бис ш/у Хол. Балка	h_{10}^{I+B}	11	192,9
Холодная балка № 3	k_1	2	200
	k_2^1	3	135
	k_3^{B+H}	7	158,1
Пролет. Крутая, 10-бис	k_2	4	105
Пролетарская крутая	k_3^1	4	82,5
им. Кирова	k_2^2	3	25
	k_3	4	150
Кировская западная, Октябрьская	k_4^1	3	50
им. Кирова, Кировская западная, Холодная балка № 3	k_4^{2H}	2	90
	k_4^{2B}	5	178
им. Батова, Пролетарская, Крутая, Октябрьская, Грузская, Наклонная, № 1 им. Кирова, Советская	k_5^1	4	25
	k_6^1	2	210
им. Челюскинцев, Трудовская, им. Абакумова, Куйбышевская, им. Засядько, им. Поченкова, им. Орджоникидзе, им. Ленина	k_8	2	55
им. Челюскинцев, Трудовская, Лидиевка, Куйбышевская, им. Засядько	l_1	6	150
	l_1^4	5	30
Грузская, Наклонная, им. Ленина, им. Орджоникидзе	l_2^1	5	204
	l_3	8	198,75
Лидиевка	l_6	5	80
	l_4	2	150
Челюскинцев, Трудовская, Лидиевка, им. Абакумова, Куйбышевская	l_7	3	183,3
	m_5	5	366
Куйбышевская, Октябрьский рудник	l_8	3	323,3
Лидиевка, им. Засядько	l_7^1	4	122,5
им. Челюскинцев, Трудовская, № 21 ш/у Ясиновское	m_2	5	170
им. Челюскинцев, Трудовская, им. Абакумова, Куйбышевская, Октябрь. рудник, им. Засядько, им. Поченкова, им. Бажанова, Чайкино, Ясиновская, им. 9 пятилетки	m_3	4	147,5
Октябрьская, Бутовка-Донецкая	n_1	2	140

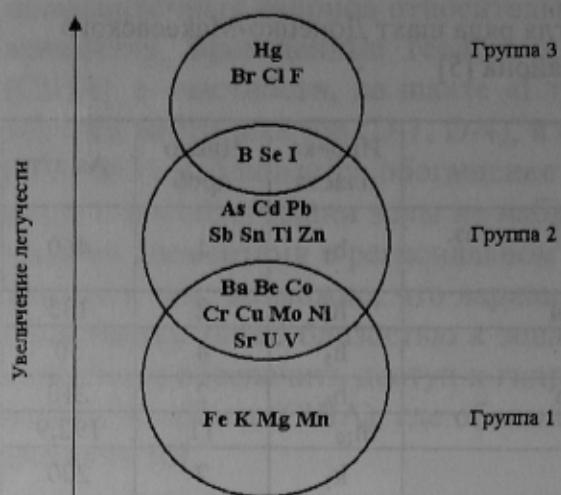


Рис. 2. Классификация малых элементов в угле по их относительной летучести [8]

Таким образом, можно сделать вывод, что по угольным пластам шахт Донецко-Макеевского горнопромышленного района наблюдается превышение показателя среднего содержания как для ртути (0,17 г/т), так и для мышьяка (24 г/т), в 10-20 и в 5-20, соответственно, и использование угля, обогащенного вредными малыми элементами, в коксовой промышленности, металлургии, энергетике и других отраслях промышленности, а также в быту, приводит к широко распространенному загрязнению окружающей среды ртутью, мышьяком, свинцом и другими элементами-токсикантами [7], негативно влияющему на здоровье, являясь крайне летучими элементами (рис. 2), что в значительной степени проявлялось в процессе переработки.

Библиографический список

1. Клер В.Р. Изучение сопутствующих полезных ископаемых при разведке угольных месторождений. — М., 1979. — 272 с.
2. Карасик М.А., Дворников А.В. Ртутоносность углей Донецкого бассейна и продуктов их переработки. — М.: ОНТИ ВИЭМС, 1968. — 24 с.
3. Palmer C.A., Mroczkowski S.J., Finkelman R.B., Crowley S.S. The Use of Sequential Leaching to Quantify the Modes of Occurrence of Elements in Coal. 15th International Pittsburgh Coal Conf, CD-ROM, PDF166, 28 pp., 1998.
4. Senior C.L., T. Zeng, J.Che, M.R. Ames, A.F. Sarofim, I. Olmez, F.E. Huggins, N. Shah, G.P. Huffman, A. Kolker, S. Mroczkowski, C. Palmer and R. Finkelman. Distribution of Trace Elements in Selected Pulverized Coal as a Function of Particle Size and Density. Fuel Processing Technology, v. 63, 2002. — pp. 215–241.
5. Полякова В.Е., Шрамко Г.М. Изучение в Донецко-Макеевском углепромышленном районе ртутоносности углей и технического загрязнения ртутью окружающей среды при коксохимическом производстве. Отчет. — Донецк, 1989.
6. Kolker A., Panov B.S., Landa E.R., Panov Y.B., Korchemagin V.A., Conko K.M., Shendrik T.G. Trace-Metal Geochemistry and Environmental Implications of Selected Donbas Coals and Associated Mine Water in the Vicinity of Donetsk, Ukraine. International Pittsburgh Coal Conf., CD-ROM, PDF125, 12pp. — 2002.
7. Панов Б.С., Шевченко О.А., Матлак Е.С., Дудик А.М. О загрязнении биосферы в промышленных районах (на примере Донецкого бассейна) // Международный журнал угольной геологии. — Т.40. — С. 199–210.
8. Clarke L.B., L.L. Sloss. Trace Elements - emission from coal combustion and gasification. — London: IEA Coal Research, 1992. — 111 pp.

© Никитенко А.В., 2005