

УДК 550.428:553.93

© В.В. Ишков, Е.С. Козий

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТОКСИЧНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УГЛЕ ПЛАСТА С₆^H ШАХТЫ «ТЕРНОВСКАЯ» ПАВЛОГРАД-ПЕТРОПАВЛОВСКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Рассмотрены особенности распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в угольном пласте с₆^H поля шахты Терновская.

Розглянуто особливості розподілу токсичних та потенційно токсичних елементів у вугільному пласті с₆^H поля шахти Тернівська.

The features of the distribution of toxic and potentially toxic elements in the coal mine Ternovskaya с₆^H field.

Вступление. Исследуемая территория расположена в пределах Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района Западного Донбасса и административно относится к Павлоградскому району Днепропетровской области. Возрастание требований к охране окружающей среды обуславливает потребность в новых научно обоснованных методах прогноза содержания токсичных элементов в добываемой шахтами горной массе и отходах добычи и углеобогащения. Особая актуальность данной проблемы определяется Законом Украины «О недрах», постановлениями кабинета министров Украины № 22 от 30.09.1995 г. и № 688 от 28.06.1997 г., а также нормативными документами ГКЗ.

Последние достижения. Ранее В.В. Ишковым совместно с А.И. Чернубук, Д.Я. Михальчонок, В.В. Дворецким [1, 2] исследованы особенности распределения некоторых токсичных и потенциально токсичных элементов в продуктах и отходах обогащения ряда углеобогащительных фабрик Донбасса. В то же время, рассмотрение и анализ распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в углях пласта с₆^H шахты Терновской Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района ранее не выполнялось.

Цель работы: установить закономерности в распределении токсичных и потенциально токсичных элементов в угле пласта с₆^H, одного из основных рабочих пластов поля шахты «Терновская» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: установить характеристики распределения основных технологических показателей угля и токсичных и потенциально токсичных элементов; выявить пространственные закономерности в распределении изучаемых элементов; определить состав геохимических ассоциаций токсичных и потенциально токсичных элементов и их связь с органической и минеральной составляющей угля; рассчитать уравнения регрессии между токсичными и потенциально токсичными элементами и технологическими показателями угля.

Изложение. Рассмотрение распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в геологических объектах различного характера и масштаба, является необходимой основой для изучения законов их миграции, концентрации и рассеяния. Особенность выполненных исследований заключа-

лась в отсутствии возможности непосредственного наблюдения этих процессов. Обычно, в этом случае рассмотрение динамики процессов выполняется на основе сравнения данных о статистическом распределении химических элементов в рассматриваемых объектах. В дальнейшем эти результаты теоретически осмысливаются при анализе их физико-химических и геологических особенностей.

Таким образом, информация о распределении химических элементов в геологических объектах является исходным пунктом исследования, идущего от обобщения фактического материала, через его теоретическое осмысление к проверке выявленных закономерностей опытным путем.

На начальном этапе обработки первичной геохимической информации с помощью программ Excel 2000 и STATISTICA 6.0 рассчитывались значения основных описательных статистических показателей (выборочного среднего арифметического, его стандартной ошибки, медианы, эксцесса, моды, стандартного отклонения, дисперсии выборки, минимального и максимального значения содержания, коэффициент вариации, асимметрии выборки), выполнялось построение частотных гистограмм содержаний и установление закона распределения исследуемых элементов.

С целью выявления состава геохимических ассоциаций, были рассчитаны по программе STATISTICA 6.0 коэффициенты корреляции Пирсона между содержаниями токсичных, потенциально токсичных и других элементов – примесей углей. В единую геохимическую ассоциацию объединялись элементы по абсолютной величине не менее двух коэффициентов корреляции превышающей 0,5 с уровнем значимости не менее 95%.

При оценке связи токсичных и потенциально токсичных элементов с органической или минеральной частью угля использовались коэффициенты сродства с органическим веществом F_0 показывающий отношение содержания элементов в углях с малой (<1,6) и высокой плотностью (> 1,7), коэффициенты приведенной концентрации $F_{пк}$, показывающие отношение содержаний элементов в фракции $i(C_i)$ к содержанию в исходном угле, коэффициенты корреляции содержаний исследуемых элементов и зольности угля и коэффициенты приведенного извлечения элемента в фракции различной плотности.

При построении всех карт использовалась программа Surfer 11.

Закономерности изменения содержания Hg. Первая аномалия содержания ртути (рис. 1) расположена в центральной части шахтного поля с максимумом концентрации в скважине №2606 с содержанием Hg 3,7 г/т, ограничена скважинами №1426, №2588, №1402, №909. Она расположена на участке ортогонального пересечения серии разломов северо-западного и юго-западного простирания. Градиент изменчивости содержания Hg в широтном направлении составляет 0,0043 г/м, в меридиональном – 0,0054 г/м.

Вторая аномалия расположена в северо-восточной части шахтного поля, ограничена скважинами №2678, №6213, №5863, №909. В ее пределах максимальная концентрация отмечена в скважине №6217, в которой содержание Hg составляет 3,4 г/т. С северо-востока аномалия примыкает к границе шахтного

поля. Для аномалии установлены следующие градиенты изменения содержания: в широтном направлении $-0,0031$ г/м, в меридиональном $-0,0035$ г/м.

Карта тренда концентрации ртути на рис. 2 показывает пространственное увеличение содержания ртути в угле пласта c_6^H в северо-восточном направлении. Вариации содержания ртути по шахтному полю составляет от 0,04 до 3,7 г/т.

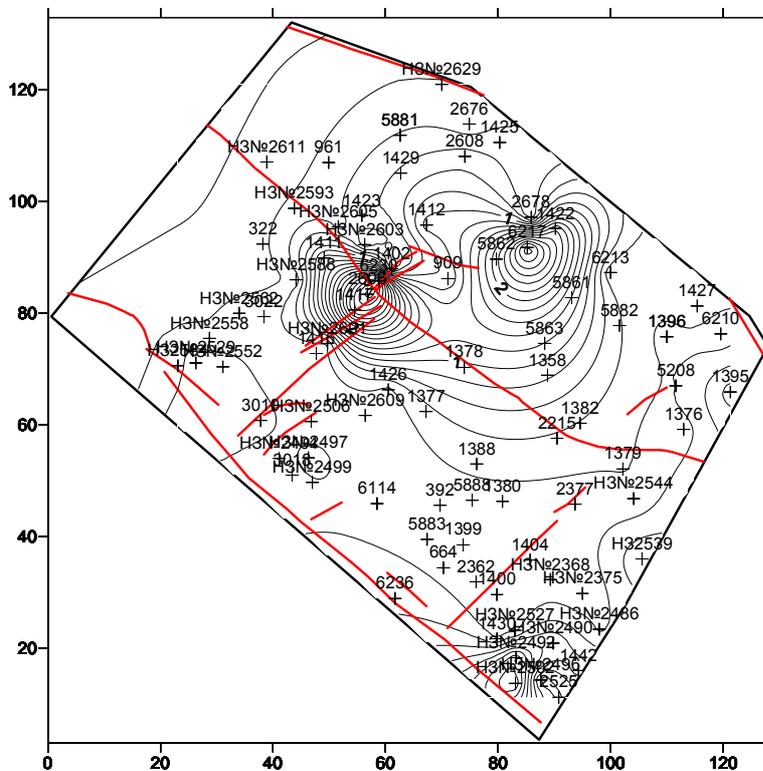


Рис.1. Карта изоконцентрат Hg в угле пласта c_6^H

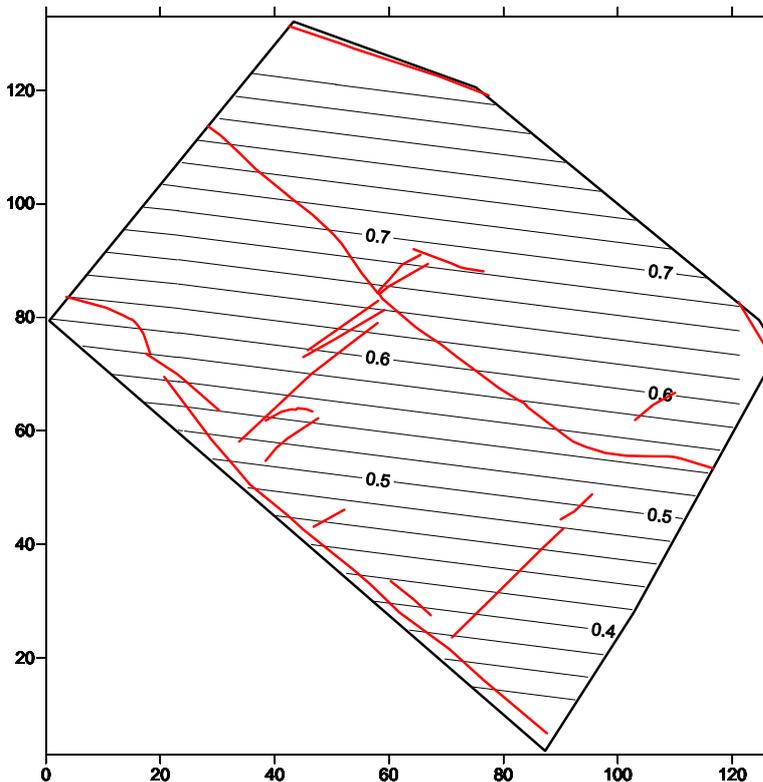


Рис.2. Карта тренда изоконцентрат Hg в угле пласта c_6^H

В целом установлено, что ртуть образует геохимическую ассоциацию с мышьяком (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,78), бериллием (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,56), марганцем (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,57). Линейные уравнения регрессии, характеризующие связи ртути с входящими в ассоциацию элементами, а также с основными технологическими показателями:

$$\text{Hg} = -0,621 + 0,012 \times \text{As}; \quad \text{Hg} = -0,429 + 0,235 \times \text{Be}; \quad \text{Hg} = -0,397 + 0,0167 \times \text{Mn};$$

$$\text{Hg} = -0,346 + 0,105 \times \text{A}^{\text{d}}; \quad \text{Hg} = -0,371 + 0,395 \times \text{S}_{\text{общ.}}$$

Закономерности изменения содержания As. В пределах шахтного поля можно выделить две значительные аномалии (Рис. 3). Первая положительная аномалия содержания мышьяка находится в центральной части пласта, в ее области максимальное содержание отмечено по пробе из скважины №6230 - As 280 г/т. Аномалия ограничена скважинами №1426, №2588, №1402, №909 и расположена на участке ортогонального пересечения серии разломов северо-восточного и юго-западного простирания. Градиент изменчивости содержания As в широтном направлении составляет 0,4 г/м, в меридиональном – 0,2 г/м.

Вторая аномалия расположена в северо-восточной части шахтного поля, ограничена скважинами №2678, №6213, №5863, №5862. Максимального значения концентрация As достигает в скважине №6217, где она составляет 230,6 г/т. С северо-востока аномалия непосредственно примыкает к границе шахтного поля. Для нее установлены следующие градиенты изменения содержания: в широтном направлении -0,1846 г/м, в меридиональном – 0,1333 г/м.

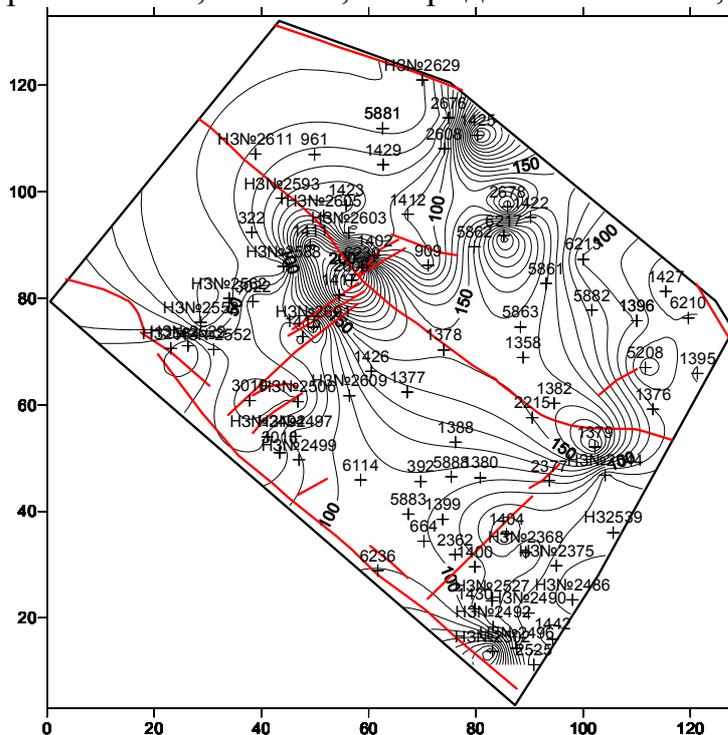


Рис.3. Карта изоконцентрат As в угле пласта c_6^H

С помощью корреляционного анализа установлено, что мышьяк образует геохимическую ассоциацию с ртутью (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,78), бериллием (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,49), марганцем (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,49). Линейные уравнения регрессии, характеризующие связи мышьяка с входящими в ассо-

Ниже приведены рассчитанные уравнения регрессии, характеризующие связи бериллия с входящими в ассоциацию элементами, а также с основными технологическими показателями углей:

$$\text{Be} = 3,494 + 1,327 \times \text{Hg}; \text{Be} = 2,478 + 0,018 \times \text{As}; \text{Be} = 0,411 + 0,049 \times \text{F}$$

$$\text{Be} = 0,257 + 0,069 \times \text{Mn}; \text{Be} = 0,845 + 0,391 \times \text{Ad}; \text{Be} = 2,065 + 0,916 \times \text{S}_{\text{общ.}}$$

Закономерности изменения содержания F. Анализ карты изоконцентрат этого элемента (Рис. 5) позволяет выделить две основные аномалии.

Первая положительная аномалия содержания фтора находится в центральной части шахтного поля и достигает максимума в пластопересечении скважиной №1411 – с содержанием в пробе F 166 г/т. Аномалия ограничена скважинами №322, НЗ №2605, №1417, НЗ №2588 и с северо-восточной стороны примыкает к разлому. Градиент изменчивости содержания F в широтном направлении составляет 0,32 г/м, в меридиональном – 0,2133 г/м.

Вторая аномалия расположена в южной части шахтного поля, ограничена скважинами НЗ №2527, НЗ №2490, №2525, с юго-запада аномалия граничит с границами горного отвода шахтного поля. Максимальное значение на площади аномалии обусловлено результатами опробования керна по пластопересечению скважины №2502 с содержанием F 188 г/т. Аномалия характеризуется следующими градиентами изменения концентрации F: в широтном направлении - 0,3077 г/м, в меридиональном – 0,2476 г/м.

Величина изменения содержания фтора в углях пласта по шахтному полю составляет от 29 до 188 г/т.

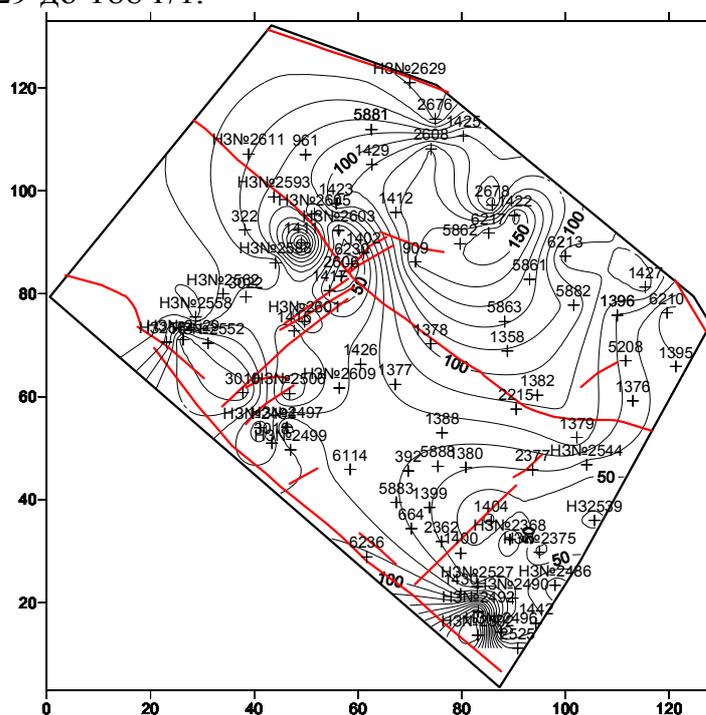


Рис.5. Карта изоконцентрат F в угле пласта с₆^H

Установлено, что фтор образует геохимическую ассоциацию с бериллием (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,89), марганцем (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,88).

Линейные уравнения регрессии, характеризующие связи фтора с входящими в ассоциацию элементами, а также с основными технологическими показателями:

$$F = 9,455 + 16,175 \times \text{Ve}; F = 13,741 + 1,109 \times \text{Mn}$$

$$F = 22,505 + 6,386 \times \text{Ad}; F = 52,269 + 10,884 \times S_{\text{общ.}}$$

В работе использованы результаты 26 фракционных анализов угля пласта c_6^H поля шахты «Терновская». В дальнейшем каждая из фракций была подвергнута количественному спектральному анализу в лаборатории КП «Южукргеология». В табл. 1 приведены результаты фракционного анализа углей и преимущественного накопления исследуемых элементов во фракциях разной плотности.

Таблица 1

Be, F	V, Pb, Cr, Ni	Co	Mn	Hg, As
<1,3 т/м ³	1,3 – 1,4 т/м ³	1,4 – 1,5 т/м ³	1,5 – 1,6 т/м ³	>1,6 т/м ³

Анализ данных, приведенных в табл. 1 позволяет установить следующий ряд сродства токсичных и потенциально токсичных элементов с органической частью угля:

$$\text{Be, F, V, Pb, Cr, Ni} > \text{Co} > \text{Mn, Hg, As}$$

Таким образом, установлено, что в органической части угля концентрируется преобладающее количество Be, F, V, Pb, Cr и Ni, в минеральной составляющей - Mn, Hg и As, а кобальт – распределен равномерно между органической и минеральной частями.

В таблице 2 приведены рассчитанные по 94 пробам средние значения содержания токсичных и потенциально токсичных элементов в угле пласта c_6^H шахты «Терновская» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», данные о их ПДК [3] и средних концентрациях в угле пластов Павлоград-Петропавловского района и Донбасса [4].

Таблица 2

Токсичные и потенциально токсичные элементы	ПДК в углях, г/т	Средние содержания в угле пласта c_6^H по шахте, г/т	Средние содержания в угле пластов Павлоград-Петропавловского района, г/т	Средние содержания в угле пластов Донецкого бассейна
Hg	1	0,57±0,01	0,29±0,01	0,27±0,01
As	300	100,7±0,6	18,0±1,6	65,5±0,6
Be	50	4,26±0,03	3,00±0,03	3,91±0,03
F	500	78,3±1,1	29,8±1,2	36,8±1,1
Mn	1000	58±2,5	93±2	252±2,5
Pb	50	6,9±0,1	9,6±0,	10,9±0,1
Ni	100	15,9±0,4	20,1±0,4	19,5±0,4
V	100	22,2±0,1	15,4±0,2	31,1±0,1
Cr	100	16,7±0,3	18,5±0,9	20,6±0,3
Co	100	6,9±0,1	6,0±0,1	8,1±0,1

Выводы. Полученные в процессе исследований по теме реферата результаты позволяют сформулировать следующие основные выводы:

1. Установлен ряд родства токсичных и потенциально токсичных элементов к органическому веществу углей:

Be, F, V, Pb, Cr, Ni > Co > Mn, Hg, As.

2. Аномально высокие содержания зольности, серы общей, Hg, As, Mn, и ряд аномалий Co пространственно приурочены к участкам разрывных тектонических нарушений и генетически связаны с минерализацией трещиноватых зон. Накопление в угле пласта основной части этих элементов, соединений серы и минеральных компонентов происходило после формирования угленосных отложений, в результате процессов эпигенеза.

3. Все аномально высокие концентрации Be, F, Pb, Ni, Cr, V и часть аномалий Co пространственно приурочены к участкам уменьшения мощности угольного пласта, что объясняется обогащением этими элементами приконтактных участков пласта мощностью 15 – 20 см. Накопление основной части этих элементов происходило на этапе формирования палеоторфяника.

4. Средние концентрации Hg, As, Be, F, V и Co в угле пласта с₆^н превышают установленные ранее [4] их средние значения в углях Павлоград-Петропавловского района, а средние содержания Hg, As, Be и F выше их средних концентраций в углях Донбасса. Все средние содержания исследованных элементов ниже ПДК и только рядовые содержания Hg в пределах выявленных аномальных зон превышают ПДК.

Основное **научное значение** полученных результатов заключается в установлении ряда родства токсичных и потенциально токсичных элементов с органическим веществом угля, состава их геохимических ассоциаций и расчете средних содержаний этих элементов в углях пласта с₆^н шахты «Терновская».

Практическое значение полученных результатов состоит в построении карт изоконцентрат токсичных и потенциально токсичных элементов, установлении пространственного положения аномально высокого их содержания и расчете уравнений регрессии, позволяющих прогнозировать содержания этих элементов в угле пласта.

Список литературы

1. Ишков В.В., Чернобук А.И., Дворецкий В.В. О распределении бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Краснолиманской ЦОФ. // Науковий вісник НГАУ. 2001. - №5. - С. 84-86.
2. Ишков В.В., Чернобук А.И., Михальчонок Д.Я. О распределении бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Добропольской ЦОФ. // Науковий вісник НГАУ. -2001. – №4. – С. 89-90.
3. Инструкция по изучению токсичных компонентов при разведке угольных и сланцевых месторождений. - Под ред. В.Р. Клера. - М.: Инст. литосферы АН СССР, 1982. - 84 с.
4. Ишков В.В. Проблеми геохімії «малих» і токсичних елементів у вугіллі України // Наук. вісник НГА України. -№1. –Дніпропетровськ, НГАУ, 1999. –с. 128 – 132.

*Рекомендовано до публікації д.г.-м.н. Нагорним Ю.М.
Надійшла до редакції 14.02.13*