

свідчить про активний розвиток каменедобувної справи у регіоні. Подальші петрографічні дослідження музейних колекцій дозволять отримати більш повну картину застосування гірських порід Середнього Придніпров'я у давнині.

*Автори висловлюють щирю вдячність М.Й. Сердюк за наданий для дослідження матеріал і допомогу в роботі з колекціями музею.*

#### Список літератури

1. Петрунь В.Ф. До походження мінеральної сировини пам'ятників III – I тисячоліття до н.е. з басейну річки Інгулець / В.Ф. Петрунь // Археологія. – 1969. – Т. XXII. – С. 68-79.
2. Шарафутдинова И.Н. Хозяйство племен сабастиновской культуры / И.Н. Шарафутдинова // Первобытная археология. Материалы и исследования: [сб. науч. трудов]. – К.: Наукова думка, 1989. – С. 168-179.
3. Справочник по петрографии Украины. Магматические и метаморфические породы / [Усенко И.С., Есипчук К.Е., Личак И.Л. и др.]; под. ред. И.С. Усенко. – К.: Наукова думка, 1975. – 579 с.
4. Усенко И.С. Архейские матабазиты и ультрабазиты Украинского кристаллического массива / И.С. Усенко. – К.: Изд-во АН УССР, 1953. – 100 с.
5. Обломочные породы Украины / [Ткачук Л.Г., Литовченко Е.И., Коваленко Д.Н. и др.] – К.: Наукова думка, 1981. – 352 с.

*Рекомендовано до публікації д.г-м.н. Нагорним Ю.М.  
Надійшла до редакції 31.10.2012*

УДК 550.428:553.93

© В.В. Ишков

## **НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ РТУТИ, МЫШЬЯКА, БЕРИЛИЯ И ФТОРА В УГЛЕ ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ ПЛАСТОВ ПАВЛОГРАД-ПЕТРОПАВЛОВСКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА**

Рассмотрены особенности распределения Hg, As, Be и F в угольных пластах Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района.

Розглянуто особливості розподілу Hg, As, Be та F у вугільних пластах Павлоград-Петропавлівського геолого-промислового району.

The peculiarities of Hg, As, Be and F distribution in the coal strata of Pavlograd-Petropavlovski geological and industrial district have been considered in the article.

**Вступление.** Исследования распределения ртути, мышьяка, бериллия и фтора в углях основных рабочих пластов Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района Донбасса связаны с повышением требований к охране окружающей среды, обуславливающих потребность в новых научно обоснованных методах прогноза содержания токсичных и потенциально токсичных элементов в добываемой шахтами горной массе, отходах добычи и углеобогащения. Для объективной оценки воздействия угледобывающей промышленно-

сти и предприятий теплоэнергетики на экологическую ситуацию и планирования наиболее эффективных мероприятий, направленных на ее улучшение, необходимо располагать сведениями о характере распределения и уровне концентрации токсичных элементов в углях и вмещающих породах, извлекаемых в процессе добычи. С целью получения такой информации в Национальном горном университете были выполнены детальные исследования, охватившие всю территорию Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района.

**Последние достижения.** Ранее были исследованы особенности распределения некоторых токсичных и потенциально токсичных элементов в продуктах и отходах обогащения ряда углеобогащательных фабрик Донбасса [1, 2]. В то же время совместное рассмотрение и анализ распределения ртути, мышьяка, бериллия и фтора в углях основных рабочих пластов Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района ранее не выполнялось.

**Формулирование целей.** Основными задачами, решаемыми в данной работе, являлись: ревизия выполненных ранее исследований концентраций ртути, мышьяка, бериллия и фтора в углях основных рабочих угольных пластах; выявление связи и расчет уравнений регрессий между концентрациями этих элементов, петрографическим составом углей и их основными технологическими параметрами.

**Изложение результатов исследований.** Распределение ртути, мышьяка, бериллия и фтора исследованы в основных рабочих угольных пластах на 11 шахтных полях: им. Героев космоса, «Благодатной», «Павлоградской», «Герновской», «Западно-Донбасской №7», «Самарской», «Днепровской», им. Сташкова, «Степной», «Першотравневой», «Юбилейной» и 4 резервных участков: «Морозовского», «Северо-Васильевского», «Свидовского» и «Брагиновского».

Среднее содержание ртути в углях основных рабочих пластов района – 0,29 г/т, что несколько выше предварительной оценке ее среднего содержания в углях мира [3], существенно ниже среднего содержания в целом по бассейну по данным [4] и значительно меньше установленных автором средних содержаний в углях Донбасса марок Д и Г [5]. Фоновое значение - 0,22 г/т.

Анализ связей ртути с органической и минеральной частью углей в целом по району показывает:

1) в 13 пластах:  $c_{11}$ ,  $c_{10}^B$ ,  $c_9$ ,  $c_8^H$ ,  $c_7^B$ ,  $c_7$ ,  $c_7^H$ ,  $c_6^3$ ,  $c_6^1$ ,  $c_5^{2B}$ ,  $c_5^B$ ,  $c_4^2$  и  $c_4$  ртуть относительно равномерно распределена между минеральной и органической составляющей углей;

2) для 9 рассмотренных пластов:  $c_8$ ,  $c_6^B$ ,  $c_6$ ,  $c_6^H$ ,  $c_5$ ,  $c_5^H$ ,  $c_2^1$ ,  $c_2$  и  $c_1$  характерна связь ртути преимущественно с минеральной составляющей углей, причем в пластах  $c_6^B$  и  $c_1$  связь ртути с минеральной составляющей углей по сравнению с другими токсичными и потенциально токсичными элементами максимальна.

Обобщение полученных результатов по всем исследованным пластам в целом по району показывает, что ртуть в основном связана с минеральной составляющей углей. Причем, в пластах регрессивной части подформации преобладает связь ртути с минеральной составляющей углей, а в пластах трансгрессивной части – как с минеральной, так и с органической составляющими углей. Среднее содержание ртути в пластах характеризующихся относительно равно-

мерным ее распределением между органической и минеральной составляющими углей – 0,22 г/т. Для пластов с преобладанием связи ртути с минеральной частью угля ее средняя концентрация достигает 0,47 г/т.

Первая зона углеобразования характеризуется средним содержанием ртути – 0,38 г/т и повышением его концентрации к центральной части разреза зоны. В этом же направлении наблюдается усиление связи ртути с органическим веществом углей, эта закономерность прослеживается и по площади пластов.

Для разреза второй зоны углеобразования характерно незначительное увеличение концентраций ртути от нижних пластов к верхним. Это сопровождается существенным усилением ее связи с органической составляющей угля, при среднем значении 0,27 г/т – минимальном для регрессивной части подформации.

Особенностями распределения ртути в угольных пластах третьей зоны являются максимальные средние концентрации для всей подформации, составляющие в целом для зоны 0,4 г/т, циклическое изменение ее средних значений по пластам в разрезе зоны и наличие их значимой связи со средством к органическому веществу углей (увеличение содержания ртути сопровождается усилением ее связи с минеральной составляющей).

По разрезу зоны наблюдается резкое снижение средних концентраций ртути в нижней части зоны к ее центру, от пласта  $c_5^H$  – 0,7 г/т (второе по величине содержание для всей подформации) до пласта  $c_5^{2B}$  – 0,02 г/т (минимальное значение для всех пластов подформации), с последующим повышением к пласту  $c_6^B$  (0,8 г/т – максимальная средняя величина концентрации для всей подформации) и резкое уменьшение к пласту  $c_6^1$  (0,3 г/т).

Для угольных пластов четвертой зоны характерна максимальная циклическая изменчивость содержания ртути по разрезу зоны, при среднем содержании 0,17 г/т (минимальном для подформации). В пластах зоны ртуть относительно равномерно распределена между органической и минеральной составляющей угля.

Характерными особенностями содержания ртути в углях пластов пятой зоны углеобразования являются повышение ее содержания к центральной части зоны, при средней концентрации 0,29 г/т, сопровождающееся усилением связи с минеральным веществом угля.

Концентрация ртути в пластах шестой зоны возрастает снизу вверх по разрезу зоны, от пласта  $c_{10}^B$  (0,21 г/т) к пласту  $c_{11}$  (0,54 г/т), при среднем содержании 0,37 г/т. В этом направлении наблюдается незначительное увеличение ее связи с минеральной составляющей углей.

В целом, по разрезу средней высокоугленосной подформации содержание ртути несколько ниже в пластах ее трансгрессивной части (0,25 г/т), чем в регрессивной (0,37 г/т).

Связь ртути с зольностью и сернистостью углей в целом по району описываются уравнениями регрессии:

$$\text{Hg} = 2E-05 A^{d4} - 0,0012 A^{d3} + 0,0198 A^{d2} - 0,1099 A^d + 0,3617$$

$$\text{Hg} = 0,7149 S^3 - 3,3765 S^2 + 5,1567 S - 2,2921$$

Рассмотрение распределения концентраций ртути в пластах по площади и в разрезе средней подформации позволило установить ее значительную и раз-

номасштабную неравномерность, как по площади отдельных пластов, так и в разрезе. Характерным примером являются пласты  $c_{10}^B$  в пределах поля шахты Днепровской (от 0,4 г/т до 0,09 г/т) и  $c_{11}$  на шахте им. Героев Космоса (от 0,9 г/т до 0,09 г/т).

В разрезе отдельных пластов повышенная концентрация Hg обычно наблюдается в их прикровельной части. Влияние вмещающих пород на содержание Hg в угле пластов сказывается в уменьшении ее содержания на участках с существенно глинистым составом кровли. Связь между петрографическим составом углей и концентрациями Hg проявляется в их снижении с увеличением содержания фюзенизированных микрокомпонентов.

Установленные региональные закономерности в распределении концентраций Hg в отдельных пластах по площади района заключаются в том что уменьшение ее содержания в нижней группе пластов происходит по первой зоне углеобразования на северо – запад, по второй – на юго – восток, по третьей – в нижней части от пласта  $c_5^H$  до пласта  $c_5^{2B}$  на юго – восток, в центральной части зоны по пластам  $c_6^H$  и  $c_6$  на юго-запад, и в пластах  $c_6^B$  и  $c_6^1$  на северо – восток, по четвертой во всех пластах на юго – восток, по пятой в начале и завершении зоны на юго – восток, а в пласте  $c_8$  на юго-запад, в шестой зоне по всем пластам на северо-восток.

В пределах отдельных шахтных полей и разведочных участков содержание Hg по всем пластам закономерно возрастает в направлении ближайших региональных разрывных нарушений и их апофиз.

Среднее содержание As в углях основных рабочих пластов района – 18 г/т, что несколько ниже предварительной оценке ее среднего содержания в углях мира -  $20 \pm 3$  г/т [3] и значительно меньше установленных автором средних содержаний в углях Донбасса марок Д и Г [5]. Фоновое значение - 12 г/т.

Анализ связей As с органической и минеральной частью углей в целом по району показывает:

- 1) в 9 пластах:  $c_5^{2B}$ ,  $c_7$ ,  $c_2^1$ ,  $c_{10}^B$ ,  $c_8^H$ ,  $c_7^H$ ,  $c_9$ ,  $c_5^H$  и  $c_2$  наблюдается концентрация As в органической части угля;
- 2) в 5 пластах:  $c_{11}$ ,  $c_4^2$ ,  $c_8$ ,  $c_6^B$ , и  $c_5$  As относительно равномерно распределена между минеральной и органической составляющей углей;
- 3) для 8 рассмотренных пластов:  $c_1$ ,  $c_6^3$ ,  $c_7^B$ ,  $c_4$ ,  $c_6^1$ ,  $c_6$ ,  $c_6^H$  и  $c_5^B$  характерна связь As преимущественно с минеральной составляющей углей.

Обобщение полученных результатов по всем исследованным пластам в целом по району дает основание считать, что As в основном связан с органической составляющей углей. Причем, для регрессивной части подформации в 46,15% пластов преобладает связь As с минеральной составляющей углей, в 23,08% пластов As распределен относительно равномерно между минеральной и органической частями угля и в 30,77% пластов наблюдается преимущественная концентрация As органической составляющей. Для пластов трансгрессивной части фиксируется одинаковое количество пластов, в углях которых происходит накопление As в минеральной составляющей и его относительно равномерное распределение между минеральной и органической составляющими угля (по 22,22% пластов), а в 55,56% пластов основным концентратором As явля-

ется органическая часть углей. Средняя концентрация As в углях пластов с преимущественной его связью с органической частью составляет 11 г/т и значимо не отличается от фонового значения. Среднее содержание As в пластах характеризующихся относительно равномерным его распределением между органической и минеральной составляющими углей – 19 г/т, что значимо не отличается от средней величины по району. Для пластов с преобладанием связи As с минеральной частью угля его средняя концентрация достигает 43 г/т.

Первая зона углеобразования характеризуется средним содержанием As – 18 г/т – минимальном для регрессивной части подформации и достаточно резким его понижением к верхней границе разреза зоны. В этом же направлении наблюдается усиление связи As с органическим веществом углей и ростом абсолютного значения отрицательного коэффициента корреляции с концентрациями гелифицированных микрокомпонентов в углях, эта закономерность прослеживается и по площади пластов.

Для разреза второй зоны углеобразования характерно значительное уменьшение концентраций от нижних пластов к верхним (почти в 2 раза). Это сопровождается существенным ослаблением ее связи с органической составляющей угля и увеличением в ней содержания гелифицированных микрокомпонентов, при среднем значении 22 г/т.

Особенностями распределения As в угольных пластах третьей зоны являются максимальные средние концентрации для всей регрессивной части подформации, составляющие 30 г/т, циклическое изменение его средних значений по пластам в разрезе зоны (исключительно резкое в нижней части зоны – минимальное значение для всей подформации в пласте  $c_5^{2B}$  (6 г/т) и второе и третье по своим величинам максимальные значения для всей подформации в соседних пластах  $c_5^B$  (52 г/т) и  $c_6^H$  (60 г/т) и весьма плавное в верхней) и наличие их значимой связи со сродством к органическому веществу углей (резкое увеличение содержания As сопровождается усилением его связи с минеральной составляющей, увеличением в ее составе глинистой фракции и фюзенизированных микрокомпонентов – в органической составляющей угля).

Для угольных пластов четвертой зоны характерна максимальная циклическая изменчивость содержания As по разрезу зоны, при среднем содержании 34 г/т (максимальном для всей подформации). Разрез зоны начинается с максимального среднего значения концентрации As в пласте  $c_6^3$  (72 г/т) и завершается четвертым по величине значением среднего содержания этого элемента в пласте  $c_7^B$  (47 г/т). В то же время, в угле пласте  $c_7$  наблюдается вторая минимальная для района средняя концентрация As – 6 г/т. Таким образом, четвертая зона является зоной максимальных контрастов по содержанию As в углях района. В пластах зоны содержания As четко коррелируют с его формами концентрации. Угли пластов аномально обогащенных As характеризуются значительной эпигенетической сульфидной минерализацией; высокозольные, с преобладанием в минеральной части угля глинистой составляющей, а в органической части – фюзенизированных микрокомпонентов.

Характерными особенностями содержания As в углях пластов пятой зоны углеобразования являются повышение его содержания к центральной части зо-

ны, при средней концентрации 15 г/т, сопровождающееся усилением связи с минеральным веществом угля. В пластах начала и завершения зоны преобладает связь As с органическим веществом углей.

Концентрация As в пластах шестой зоны возрастает снизу вверх по разрезу зоны, от пласта  $c_{10}^B$  (7 г/т) к пласту  $c_{11}$  (13 г/т), при среднем содержании 10 г/т – самом низком значении для зон. В этом направлении наблюдается незначительное увеличение его связи с минеральным веществом углей.

В целом, по разрезу средней высокоугленосной подформации содержание As несколько ниже в пластах ее трансгрессивной части (23 г/т), чем в регрессивной (26 г/т). Анализ изменения средних значений концентраций As по зонам углеобразования показывает, что их закономерный рост наблюдается в направлении границы между трансгрессивной и регрессивной частями подформации.

Связь мышьяка с зольностью и сернистостью углей в целом по району описываются уравнениями регрессии:

$$As = - 0,0243 A^{d^3} + 1,1172 A^{d^2} - 14,438 A^d + 63,967$$

$$As = 146,76 S^4 - 905,54 S^3 + 2100,8 S^2 - 2175,9 S + 853,83$$

В разрезе большинства пластов повышенная концентрация As обычно наблюдается в их нижней части. Воздействие вмещающих пород на содержание As в угле пластов проявляется в повышении его содержания на участках с существенно глинистым составом почвы. Связь между петрографическим составом углей и концентрациями As проявляется в повышении значений содержания As с увеличением содержания фюзенизированных микрокомпонентов. Основными концентраторами As в минеральной составляющей угля являются в первую очередь диагенетические сульфиды, глинистое вещество и эпигенетическая сульфидная минерализация.

Установленные региональные закономерности в распределении концентраций As в отдельных пластах по площади района заключаются в том что увеличение его содержания по всем пластам наблюдается в северо – восточном направлении.

Среднее содержание Be в углях основных рабочих пластов района – 2,97 г/т, что выше предварительной оценки его среднего содержания в углях мира [3], почти совпадает со «средними фоновыми содержаниями» в углях Донбасса по данным В.Р. Клера [6] и значительно выше установленных автором средних содержаний в углях Донбасса марок Д и Г [5]. Фоновое значение - 2,05 г/т.

При анализе связей Be с органической и минеральной частью углей в целом по району было установлено:

1) в 18 пластах:  $c_{11}$ ,  $c_{10}^B$ ,  $c_9$ ,  $c_8^H$ ,  $c_8$ ,  $c_7^B$ ,  $c_7$ ,  $c_7^H$ ,  $c_6^3$ ,  $c_6^1$ ,  $c_6$ ,  $c_5^B$ ,  $c_5$ ,  $c_5^H$ ,  $c_4$ ,  $c_2^1$ ,  $c_2$  и  $c_1$ , Be преимущественно связан с органической частью угля, причем в 14 пластах  $c_8^H$ ,  $c_8$ ,  $c_7^B$ ,  $c_7$ ,  $c_6^3$ ,  $c_6^1$ ,  $c_6$ ,  $c_5^B$ ,  $c_5$ ,  $c_5^H$ ,  $c_4$ ,  $c_2^1$ ,  $c_2$  и  $c_1$  он, по сравнению с другими токсичными и потенциально токсичными элементами, связан с органической составляющей в максимальной степени, а в пластах  $c_8$ ,  $c_7^B$ ,  $c_5^B$ ,  $c_5^H$ ,  $c_2^1$ ,  $c_2$  и  $c_1$  он является единственным элементом, преимущественно связанным с органической частью углей;

2) только в 4 пластах:  $c_5^{2B}$ ,  $c_4^2$ ,  $c_6^B$  и  $c_6^H$  Be относительно равномерно распределен между минеральной и органической составляющей углей.

Обобщение полученных результатов по всем исследованным пластам в целом по району показывает, что Ве в основном связан с органической частью углей. Причем, только в пластах регрессивной части подформации наблюдается связь Ве как с минеральной, так и с органической составляющими углей.

Первая зона углеобразования характеризуется средним содержанием Ве – 1,83 г/т (минимальном для всей подформации) и понижением его концентрации к верхней части разреза зоны. В этом же направлении наблюдается усиление связи Ве с органическим веществом углей, эта закономерность прослеживается и по всей площади пластов. Среднее содержание Ве в пласте  $c_2^1$  – 1,2 г/т является минимальным для этой подформации.

Для разреза второй зоны углеобразования характерно незначительное увеличение концентраций Ве снизу вверх по разрезу зоны. Это сопровождается усилением его связи с минеральной составляющей угля, при среднем значении 3,71 г/т – максимальном для регрессивной части подформации.

Особенностями распределения Ве в угольных пластах третьей зоны является максимальная контрастность его средних концентраций в пластах по разрезу зоны и их циклическое изменение. Среднее содержание Ве в угольных пластах зоны 3,43 г/т. Увеличение концентрации Ве в пластах  $c_5^{2B}$  (7 г/т – максимальное значение для всей подформации),  $c_6^B$  и  $c_6^H$  сопровождается усилением его связи с минеральной составляющей угля.

Для угольных пластов четвертой зоны характерно повышение содержания Ве в углях пластов от границ зоны к ее центру, при среднем содержании 2,24 г/т (минимальном для трансгрессивной части подформации).

Характерными особенностями содержания Ве в углях пластов пятой зоны углеобразования является понижение его значений к центральной части зоны, при средней концентрации 2,61 г/т.

Концентрация Ве в пластах шестой зоны уменьшается снизу вверх по разрезу зоны, от пласта  $c_{10}^B$  (2,88 г/т) к пласту  $c_{11}$  (2,54 г/т), при среднем содержании 2,71 г/т.

В целом, по разрезу средней высокоугленосной подформации содержание Ве подвержено большим вариациям и выше в пластах ее трансгрессивной части (3,1 г/т), чем в регрессивной (2,46 г/т).

Геохимические ассоциации с Ве образуют Pb, V и Mn со значимыми коэффициентами корреляции соответственно 0,69, -0,41, -0,32.

Связь бериллия с зольностью и сернистостью углей в целом по району описываются уравнениями регрессии:

$$Be = 0,0002 A^{d4} - 0,0126 A^{d3} + 0,2648 A^{d2} - 2,3688 A^d + 10,267$$

$$Be = 33,948 S^4 - 220,41 S^3 + 523,09 S^2 - 537,86 S + 205,44$$

В разрезе одних и тех же пластов наблюдается два противоположных типа распределения Ве: чаще фиксируется повышенная концентрация в приконтактных зонах (при наличии глинистых пород в кровле и (или) почве Относительно щелочные породы) и реже, накопление в центральной части пластов (алевролиты – песчанистые вмещающие породы). Связь между петрографическим составом углей и концентрациями Ве проявляется в резком их снижении с

увеличением содержания фюзенизированных микрокомпонентов и сапропелевого вещества.

Выявленные региональные закономерности в распределении концентраций Ве в отдельных пластах по площади района заключаются в том, что в общем случае повышение его содержания наблюдается в юго – западном направлении, т.е. в сторону Украинского кристаллического щита. Тектоническая нарушенность угольных пластов в пределах отдельных шахтных полей и разведочных участков, так же как и вариации степени углефикации не оказывает значимого влияния на содержание Ве.

Среднее содержание F в углях основных рабочих пластов района – 32,2 г/т, что более чем в 3 раза ниже предварительной оценке ее среднего содержания в углях мира [3] и установленных автором средних содержаний в углях Донбасса марок Д и Г [5]. Фоновое значение - 25,7 г/т.

Анализ связей F с органической и минеральной частью углей в целом по району показывает, что во всех изученных пластах, несмотря на отличия в концентрациях этого элемента на два порядка, F относительно равномерно распределен между минеральной и органической составляющей углей. Для пластов регрессивной части подформации среднее содержание F составляет 38,2 г/т, а для трансгрессивной – 50,6 г/т.

Первая зона углеобразования характеризуется средним содержанием F – 13,2 г/т (минимальное для всей подформации) и повышением его концентрации к центральной части разреза зоны.

Для разреза второй зоны углеобразования характерно незначительное увеличение концентраций F от нижних пластов к верхним, при среднем значении 43,7 г/т.

Особенностями распределения F в угольных пластах третьей зоны являются максимальные средние концентрации для регрессивной части подформации, составляющие в целом для зоны 46,3 г/т, резкие циклические изменения его средних содержаний по пластам в нижней и центральной части разреза зоны (до пласта с<sub>6</sub>) и понижение их к верхней границе разреза.

Для угольных пластов четвертой зоны характерно наличие аномально высоких средних значений в пластах на границах зоны и снижение концентраций в пластах центральной части разреза, при среднем содержании 66,8 г/т (максимальном для всей подформации).

Характерными особенностями содержания F в углях пластов пятой зоны углеобразования является уменьшение его содержания к центральной части зоны, при средней концентрации 38,4 г/т.

Концентрация F в пластах шестой зоны снижается снизу вверх по разрезу зоны, при среднем содержании 36,8 г/т.

Характерной особенностью распределения F в пластах по разрезу зон является наличие минимальных значений в их центральных частях, исключение составляют только вторая и шестая зоны, где концентрации F изучены только по 2 пластам. В целом, по разрезу средней высокоугленосной подформации содержание F существенно выше в пластах ее трансгрессивной части (50,6 г/т),



чем в регрессивной (38,2 г/т). Связь фтора с зольностью и сернистостью углей в целом по району описываются уравнениями регрессии:

$$F = 0,0011 A^{d4} - 0,0307 A^{d3} - 0,2117 A^{d2} + 7,8105 A^d + 1,7264$$

$$F = 1828,4 S^4 - 11905 S^3 + 28238 S^2 - 28839 S + 10734$$

Обобщение полученных в ходе исследований результатов позволяет сформулировать следующие основные выводы:

✓ Во всех исследованных пластах средневзвешенные содержания ртути, мышьяка, бериллия и фтора в пределах Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района не превышают ПДК.

✓ Основная масса содержащихся в углях ртути, мышьяка, бериллия и фтора связана с органической составляющей угля, преимущественно концентрируясь в гелифицированных микрокомпонентах.

✓ Несмотря на ярко выраженное полигенное и полихромное накопление в угольных пластах рассматриваемых элементов концентрация их основной части, происходила на стадиях торфонакопления и раннего диагенеза.

✓ Обратная статистическая связь концентраций кобальта и ванадия в угле пластов с их мощностью также указывает на большую тектоническую подвижность области торфонакопления.

Основное научное значение полученных результатов заключается в расчете средневзвешенных концентраций этих элементов в углях основных пластов и свит, выявление состава и характера их типоморфных геохимических ассоциаций, а также установление причин и особенностей их накопления в углях района.

Основное практическое значение полученных результатов состоит в установлении средневзвешенных содержаний ртути, мышьяка, бериллия и фтора, а также в расчете уравнений регрессии между этими элементами и основными технологическими показателями углей.

#### 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. // Научный вестник 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. // Научный вестник НГАУ. -2001. – №4. – С. 89-90.
3. Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Мерц А.В. Элементы – примеси в ископаемых углях. Л.: Наука, 1985. – 239 с.
4. Карасик М.А., Дворников А.Г. Ртутоносность углей Донецкого бассейна и продуктов их переработки. М., 1968. 48с
5. Ишков В.В. Проблеми геохімії “малих” і токсичних елементів у вугіллі України // Науковий вісник Національної гірничої академії України № 1. – Дніпропетровськ, НГАУ, 1999. – с. 128 – 132.
6. Клер В.Р. Изучение сопутствующих полезных ископаемых при разведке угольных месторождений. М.: Недра, 1979. – 272 с.

*Рекомендовано до публікації д.г.-м.н. Нагорным Ю.Н.  
Поступила до редакції 29.10.2012*