

УДК 553.94:550.428

В. Ішков, канд. геол.- мінерал. наук, доц.

E-mail: ish-w@yandex.ua,

Є. Козій, заст. директора ННЦ ПІГ

E-mail: koziyev@ntnu.org.ua

Державний вищий навчальний заклад "Національний гірничий університет"
пр. Дмитра Яворницького, 19, м. Дніпро, 49600, Україна

ПРО РОЗПОДІЛ ТОКСИЧНИХ І ПОТЕНЦІЙНО ТОКСИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ВУГІЛЛІ ПЛАСТА С₇^H ШАХТИ "ПАВЛОГРАДСЬКА" ПАВЛОГРАДСЬКО-ПЕТРОПАВЛІВСЬКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. С.Є. Шнюковим)

Підвищення вимог до охорони навколишнього середовища та врахування впливу вугледобувних підприємств на екологічну обстановку обумовлює потребу в нових науково обґрунтованих методах прогнозу вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів (ТіПТЕ) у видобувній шахтами гірничій масі, відходах видобутку і вуглезбагачення.

Розглядаються результати досліджень ТіПТЕ у вугіллі пласта с₇^H поля шахти "Павлоградська" Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу. Мета роботи – установлення закономірностей в розподілі ТіПТЕ у вугіллі пласта с₇^H.

У результаті виконаних досліджень встановлено варіації вмісту і середні концентрації ТіПТЕ у вугіллі пласта, побудовано карти ізоконцентрат ТіПТЕ і карти регіональної складової їхнього вмісту по площі шахтопласта. Побудовані карти є фактологічною основою для довгострокового прогнозу концентрацій ТіПТЕ у видобутій шахтою гірській масі. Розраховано лінійні рівняння регресії між концентраціями токсичних і потенційно токсичних елементів та основними технологічними параметрами. Ці рівняння можуть бути використані для короткострокового і середньострокового прогнозу і контролю вмісту ТіПТЕ у видобувній гірській масі. У свою чергу, довго-, середньо- і короткострокові прогнози концентрацій ТіПТЕ мають слугувати підставою для технологічних рішень, спрямованих на зниження їхнього вмісту в продуктах вугледобутку, продуктах і відходах вуглезбагачення.

Аналіз результатів статистичної обробки геохімічної інформації і геолого-структурної характеристики пласта с₇^H поля шахти "Павлоградська" дозволив встановити, що формування асоціації кобальту, нікелю, ванадію, свинцю, хрому та марганцю пов'язано із збагаченням цими елементами приконтрактних зон вугільного пласта і генетично обумовлене впливом адсорбційного і окислювально-відновлювального бар'єру на міграцію речовини в процесі діагенезу і катагенезу вугленосної товщі. Доведено, що берилій є єдиним елементом, переважно пов'язаним з органічною складовою вугілля. Асоціація ртуті і мши'яку обумовлена їх генетичним зв'язком з сульфідною мінералізацією тріщинуватих зон тектонічної природи.

Основне наукове значення результатів виконаних досліджень полягає у встановленні генетичних причин, які чинять істотний вплив на особливості розподілу ТіПТЕ у вугіллі пласта с₇^H.

Ключові слова: вугільний пласт, потужність, зола, сірка, токсичні і потенційно токсичні елементи, карти ізоконцентрат, карти регіональної складової, рівняння регресії.

Вступ. Досліджувана територія розташована в межах Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Західного Донбасу і адміністративно належить до Павлоградського району Дніпропетровської області. Зростання вимог до охорони навколишнього середовища обумовлює потребу в нових науково обґрунтованих методах прогнозу вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів (ТіПТЕ) у видобувній шахтами гірській масі та відходах видобутку і вуглезбагачення. Особлива актуальність даної проблеми визначається Законом України "Про надра", постановами Кабінету Міністрів України № 22 від 30.09.95 та № 688 від 28.06.97, а також нормативними документами ДКЗ [4].

Останні досягнення. Раніше В. Ішковим спільно з А. Чорнобук, Д. Михальчонок, В. Дворецьким [5–9] досліджено особливості розподілу деяких ТіПТЕ у продуктах і відходах збагачення ряду вуглезбагачувальних фабрик Донбасу. Водночас, розгляд і аналіз розподілу ТіПТЕ у вугіллі пласта с₇^H шахти "Павлоградська" Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району раніше не виконувалися.

Мета роботи: установити закономірності в розподілі ТіПТЕ у вугіллі пласта с₇^H поля шахти "Павлоградська" ПАТ "ДТЕК Павлоградвугілля".

Виклад основного матеріалу. Методика досліджень. Розгляд розподілу ТіПТЕ в геологічних об'єктах різного характеру і масштабу є необхідним для встановлення законів їхньої міграції, концентрації і розсіювання. Особливість виконаних досліджень полягала в неможливості безпосереднього спостереження цих процесів. У цьому випадку розгляд динаміки процесів традиційно виконується шляхом порівняння статистичних даних та аналізу картографічних матеріалів щодо розподілу хімічних елементів в розглянутих об'єктах. Потім одержані

результати інтерпретуються з урахуванням фізико-хімічних і геологічних особливостей.

Отже, отримання інформації про розподіл хімічних елементів у геологічних об'єктах є першим етапом дослідження, що йде від узагальнення фактичного матеріалу, через його теоретичне осмислення до перевірки виявлених закономірностей дослідним шляхом.

Проби відбиралися у гірських виробках (пластові проби, відібрані борозновим способом [3]) і з дублікатів керна особисто авторами та за участю співробітників геологічних служб вугледобувних підприємств і виробничих геологорозвідувальних організацій в період з 1981 по 2013 рр. Обсяг контрольного випробування становив 5 % від загального обсягу проб. Усі аналітичні роботи виконувалися в центральних сертифікованих лабораторіях виробничих геологорозвідувальних організацій. Вміст Hg визначався атомно-абсорбційним аналізом, As за [1], інші ТіПТЕ – кількісним емісійним спектральним аналізом [2]. На внутрішній лабораторний контроль направлено 6 % дублікатів проб. Зовнішньому лабораторному контролю піддано 10 % дублікатів проб. Якість результатів аналізів (правильність і відтворюваність) оцінювалася як значимість середньої систематичної похибки, що перевіряється за допомогою критерію Стьюдента, і значимість середньої випадкової похибки, яка перевіряється за допомогою критерію Фішера. Оскільки вказані вище похибки при рівні значимості 0,95 є незначними, якість аналізів визнано задовільною.

На початковому етапі обробки первинної геохімічної інформації за допомогою програм Excel 2016 і Statistica 6,0 розраховувалися значення основних описових статистичних показників (вибіркового середнього арифметичного, його стандартної похибки, медіани, ексцесу, моди, стандартного відхилення, дисперсії вибірки, мінімального і максимального значення вмісту, коефіцієнта варіації,

асиметрії вибірки), виконувалась побудова частотних гістограм вмісту і встановлення закону розподілу ТіПТЕ.

З метою виявлення складу геохімічних асоціацій були розраховані коефіцієнти кореляції (r) між вмістом ТіПТЕ. В єдину геохімічну асоціацію об'єднувалися елементи, в яких зв'язок між вмістом описується коефіцієнтом кореляції, що перевищує 0,5, з рівнем значимості не менше 95 %.

При оцінці зв'язку токсичних і потенційно токсичних елементів з органічною або мінеральною частиною вугілля використовувалися коефіцієнти спорідненості з органічною речовиною F_o , що показують відношення вмісту елементів у вугіллі з малою (< 1,6) і високою щільністю (> 1,7); коефіцієнти наведеної концентрації $F_{нк}$, що показують відношення вмісту елементів у фракції і(Ci) до вмісту у вихідному вугіллі; коефіцієнти кореляції вмісту досліджуваних елементів і зольності вугілля і коефіцієнти наведеного вилучення елементів у фракції різної щільності.

При побудові всіх карт використовувалася програма Surfer 11. У ході побудови карт, графіків і розрахунку коефіцієнтів кореляції всі значення концентрацій ТіПТЕ нормувалися за формулою

$$X_{норм} = (X_i - X_{min}) / (X_{max} - X_{min}),$$

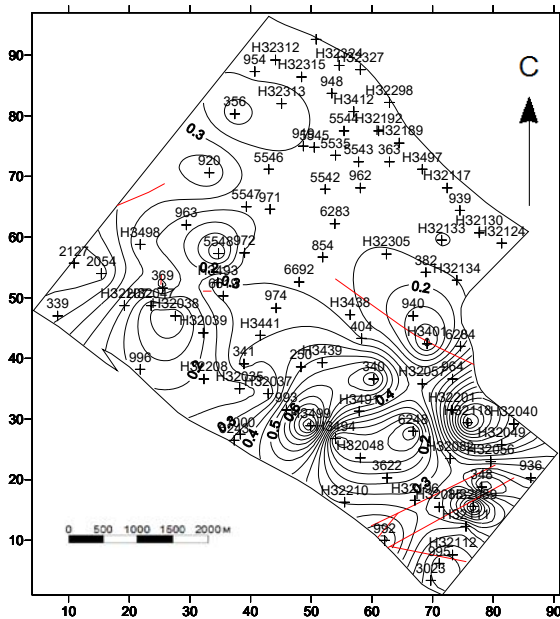
де X_i – результат одиничного визначення концентрації елемента, X_{max} – результат максимального визначення концентрації елемента, X_{min} – результат мінімального визначення концентрації елемента.

Нормування здійснювалося для приведення вибірок до одного масштабу.

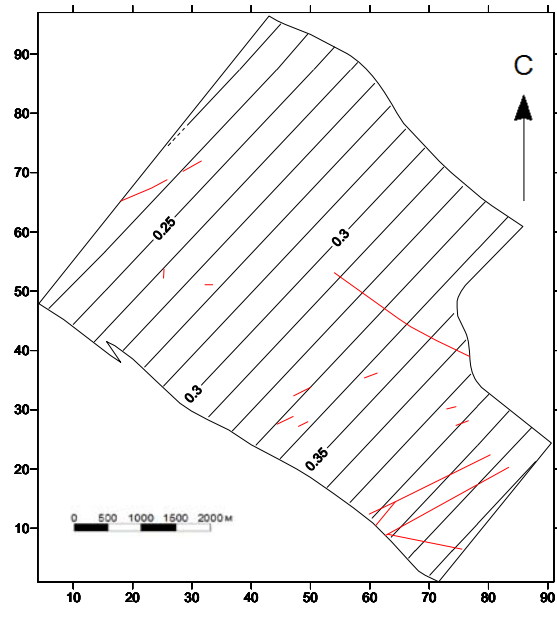
Закономірності зміни вмісту миш'яку. Вміст As у вугіллі пласта (рис. 1, а) характеризується значними варіаціями. Він змінюється в межах від 4,01 г/т до 20,34 г/т і не пов'язаний з напрямком падіння, глибиною та потужністю вугільного пласта, концентрацією золи вугілля. Середнє значення вмісту миш'яку по пласту становить 9,27 г/т. Найбільше значення вмісту As – у південно-східній частині шахтного поля. Воно просторово збігається із свердловиною № Н32118. Карта зміни регіональної складової концентрації As, представлена на (рис. 1, б), показує збільшення його вмісту у вугіллі пласта c_7^H в південно-східному напрямку. Миш'як формує геохімічну асоціацію із ртуттю ($r = 0,76$) і пов'язаний із вмістом у вугіллі сірки загальної ($r = 0,78$). Лінійні рівняння регресії:

$$As = 0,1436 + 0,7889 \times Hg;$$

$$As = 0,2385 + 0,7269 \times S_{зар}.$$



а



б

Рис. 1. Карта ізоконцентрат вмісту As (а) та карта зміни регіональної складової концентрації As (б) у вугіллі пласта c_7^H

Закономірності зміни вмісту берилію. Коливання концентрації Be у вугіллі пласта – від 1,87 г/т до 3,65 г/т (рис. 2, а), при середньому значенні – 2,95 г/т. Найбільші значення вмісту берилію – у південній частині шахтного поля на ділянці св. № 995 і № 348. Концентрація Be не залежить від глибини, потужності пласта та вмісту загальної сірки у вугіллі. Регіональна складова вмісту цього

елемента зростає в напрямку падіння пласта, у північно-східному напрямку (рис. 2, б).

Спостерігається тісна зворотна статистична залежність між вмістом Be і золою ($r = -0,88$), фтором ($r = -0,81$). Лінійні рівняння регресії:

$$Be = 0,9131 - 1,0225 \times A^d;$$

$$Be = 0,9173 - 0,9943 \times F.$$

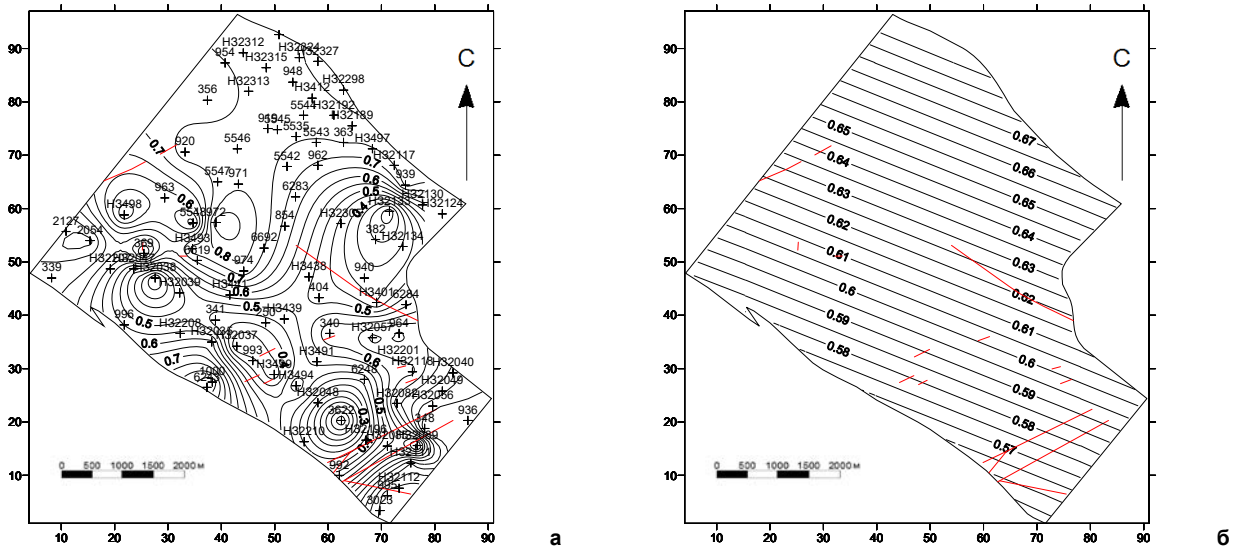


Рис. 2. Карта ізоконцентрат вмісту Ве (а) та карта зміни регіональної складової концентрації Ве (б) у вугіллі пласта с₇^н

Закономірності зміни вмісту кобальту. Вміст кобальту змінюється в межах від 3,17 г/т до 10,22 г/т (рис. 3, а). Середнє значення концентрації кобальту по пласту становить 6,33 г/т. Максимальне значення встановлено в західній частині шахтного поля на ділянці св. № Н32038. Концентрація Со не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту Со зростає в північно-східному напрямку падіння пласта в бік УКЩ (рис. 3, б).

Установлено тісний зворотний зв'язок між вмістом кобальту і потужністю вугільного пласта ($r = -0,80$), тісний прямий зв'язок з кумуляцією марганцю ($r = 0,76$), нікелю

($r = 0,66$), свинцю ($r = 0,85$), хрому ($r = 0,84$), ванадію ($r = 0,74$). Лінійні рівняння регресії:

$$Co = 0,6346 - 0,5463 \times m;$$

$$Co = 0,1261 + 0,7604 \times Pb;$$

$$Co = 0,1622 + 0,727 \times Mn;$$

$$Co = 0,0844 + 0,8552 \times Cr;$$

$$Co = 0,1721 + 0,5291 \times Ni;$$

$$Co = 0,1645 + 0,7873 \times V.$$

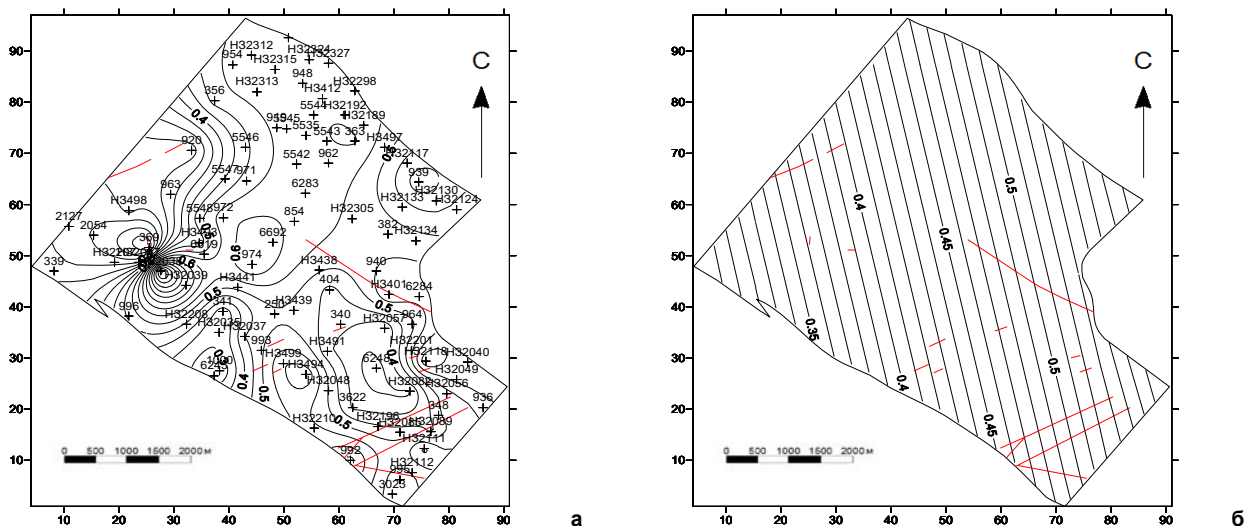


Рис. 3. Карта ізоконцентрат вмісту Со (а) та карта зміни регіональної складової концентрації Со (б) у вугіллі пласта с₇^н

Закономірності зміни вмісту марганцю. Концентрація марганцю варіює від 92,95 г/т до 219,41 г/т (рис. 4, а). Середнє значення вмісту марганцю по пласту становить 142,73 г/т. Найбільше значення приурочено до ділянки пласта біля св. № Н32038, яка знаходиться у західній частині шахтного поля. Кумуляція Mn не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту цього елемента також зростає у напрямку падіння пласта (рис. 4, б).

Виявлено тісний зворотний зв'язок між вмістом марганцю і потужністю вугільного пласта ($r = -0,83$), тісний

прямий зв'язок з концентрацією кобальту ($r = 0,76$), нікелю ($r = 0,74$), свинцю ($r = 0,81$), хрому ($r = 0,75$), ванадію ($r = 0,77$). Лінійні рівняння регресії:

$$Mn = 0,6045 - 0,6173 \times m;$$

$$Mn = 0,0544 + 0,8005 \times Pb;$$

$$Mn = 0,0058 + 0,865 \times Co;$$

$$Mn = 0,0314 + 0,851 \times Cr;$$

$$Mn = 0,0552 + 0,6482 \times Ni;$$

$$Mn = 0,0674 + 0,9045 \times V.$$

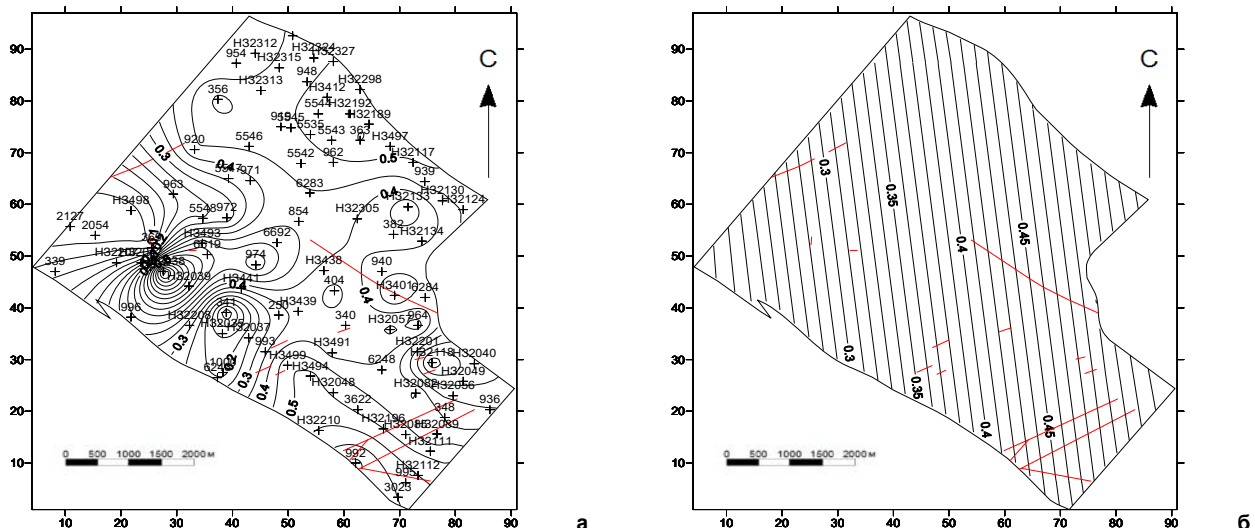


Рис. 4. Карта ізоконцентрат вмісту Mn (а) та карта зміни регіональної складової концентрації Mn (б) у вугіллі пласта с₇^н

Закономірності зміни вмісту нікелю. Кумуляція нікелю коливається в межах від 15,37 г/т до 32,97 г/т (рис. 5, а). Середнє значення по пласту становить 24,56 г/т. Ділянка з найбільшим значенням концентрації нікелю міститься в західній частині шахтного поля біля

св. № Н32038. Вміст Ni не залежить від глибини, концентрації загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту цього елемента зростає в північно-східному напрямку падіння пласта (рис. 5, б).

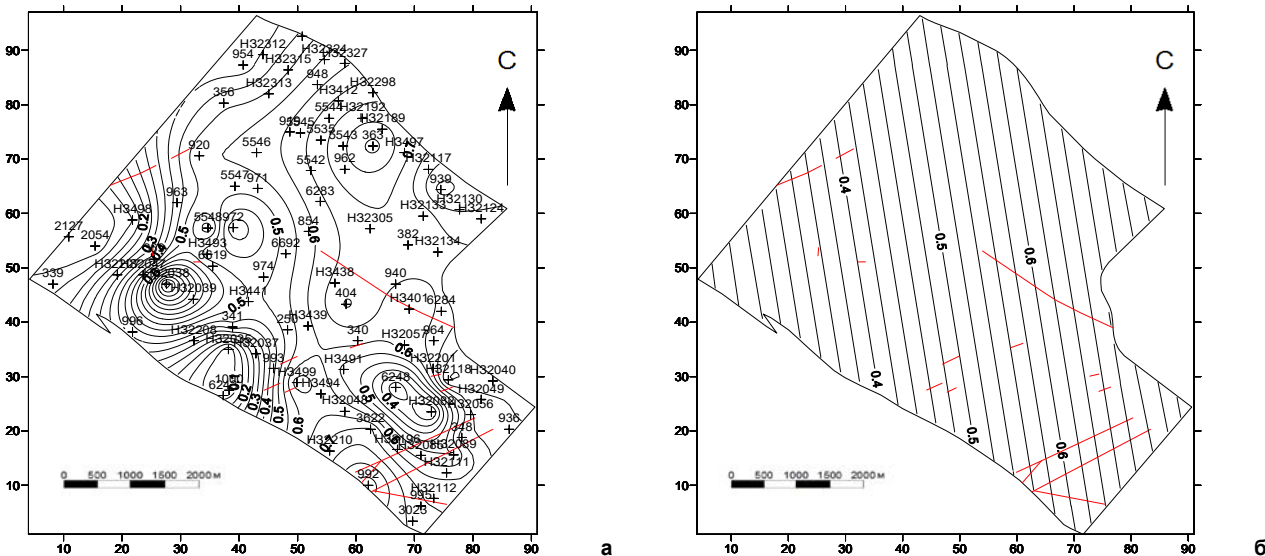


Рис. 5. Карта ізоконцентрат вмісту Ni (а) та карта зміни регіональної складової концентрації Ni (б) у вугіллі пласта с₇^н

Установлено тісний зворотний зв'язок між вмістом нікелю і потужністю вугільного пласта ($r = -0,78$), тісний прямий зв'язок з концентрацією кобальту ($r = 0,66$), марганцю ($r = 0,74$), свинцю ($r = 0,75$), хрому ($r = 0,71$), ванадію ($r = 0,70$). Лінійні рівняння регресії:

$$\begin{aligned} Ni &= 0,7752 - 0,7217 \times m; \\ Ni &= 0,1669 + 0,838 \times Pb; \\ Ni &= 0,1449 + 0,8412 \times Co; \\ Ni &= 0,1471 + 0,881 \times Cr; \\ Ni &= 0,1812 + 0,866 \times Mn; \end{aligned}$$

$$Ni = 0,1815 + 0,9444 \times V.$$

Закономірності зміни вмісту ртуті. Зони підвищеного вмісту ртуті розташовані в південній і південно-східній частині шахтного поля. Концентрація Hg варіює в межах від 0,0037 г/т до 0,1138 г/т (рис. 6, а). Середнє значення по пласту становить 0,0286 г/т. Найбільша кумуляція Hg – в південній частині шахтного поля біля св. № Н3499. Вміст Hg не залежить від глибини, потужності пласта та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту цього елемента зростає в південно-східному напрямку (рис. 6, б).

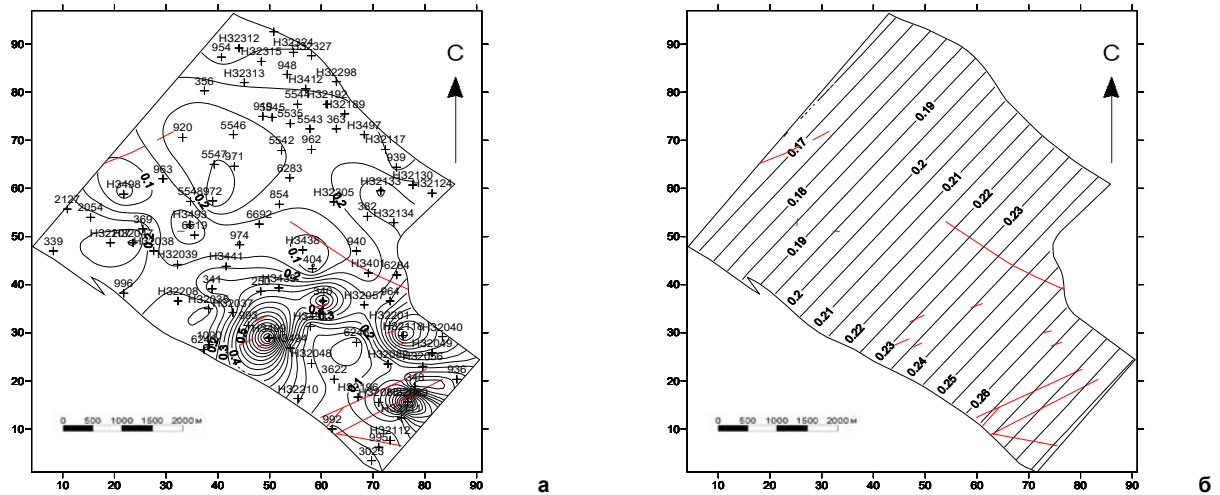


Рис. 6. Карта ізоконцентрат вмісту Hg (а) та карта зміни регіональної складової концентрації Hg (б) у вугіллі пласта с^н

Установлено тісний прямий зв'язок між вмістом ртуті і сірки загальної у вугіллі пласта ($r = 0,91$) та з концентрацією миш'яку ($r = 0,76$). Лінійні рівняння регресії:

$$\text{Hg} = 0,1326 + 0,8144 \times S_{\text{зар.}};$$

$$\text{Hg} = -0,0172 + 0,7557 \times \text{As}.$$

Закономірності зміни вмісту свинцю. Вміст свинцю в межах пласта змінюється від 6,97 г/т до 21,52 г/т. Середнє значення по пласту становить 13,14 г/т. Найбільша концентрація встановлена в західній частині шахтного поля на ділянці св. № Н32038 (рис. 7, а). Концентрація Pb не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту Pb зростає в напрямку падіння пласта, у північно-східному напрямку (рис. 7, б).

Установлено тісний зворотний зв'язок між вмістом свинцю і потужністю вугільного пласта ($r = -0,89$), тісний прямий зв'язок з кумуляцією марганцю ($r = 0,81$), нікелю ($r = 0,75$), кобальту ($r = 0,85$), хрому ($r = 0,86$), ванадію ($r = 0,80$). Лінійні рівняння регресії:

$$\text{Pb} = 0,6722 - 0,7165 \times m;$$

$$\text{Pb} = -0,0146 + 0,9778 \times \text{Co};$$

$$\text{Pb} = 0,0833 + 0,8651 \times \text{Mn};$$

$$\text{Pb} = 0,0126 + 0,9662 \times \text{Cr};$$

$$\text{Pb} = 0,0699 + 0,6779 \times \text{Ni};$$

$$\text{Pb} = 0,0758 + 0,9649 \times V.$$

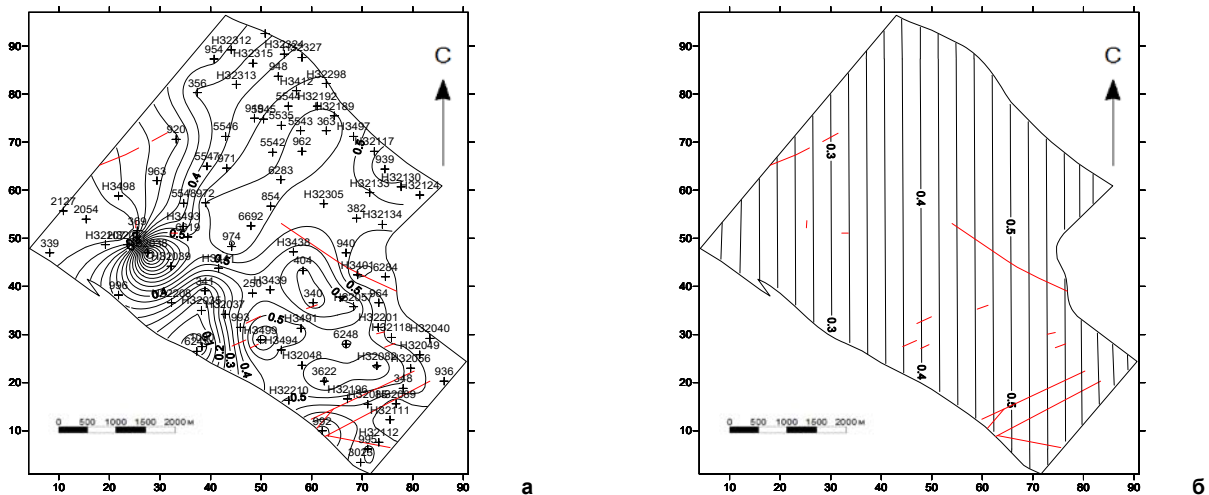


Рис. 7. Карта ізоконцентрат вмісту Pb (а) та карта зміни регіональної складової концентрації Pb (б) у вугіллі пласта с^н

Закономірності зміни вмісту фтору. Вміст фтору змінюється в межах від 25,69 г/т до 142,63 г/т. Середнє значення по пласту становить 62,29 г/т. Максимальне значення концентрації фтору фіксується на ділянці біля св. № 3622 (рис. 8, а). Кумуляція F не залежить від гли-

бини, вмісту загальної сірки та потужності пласта. Регіональна складова вмісту F зростає в південно-західному напрямку (рис. 8, б).

Установлено тісний прямий зв'язок концентрації F із вмістом золи ($r = 0,89$). Лінійне рівняння регресії:

$$F = 0,0634 + 0,8314 \times \text{A}^d.$$

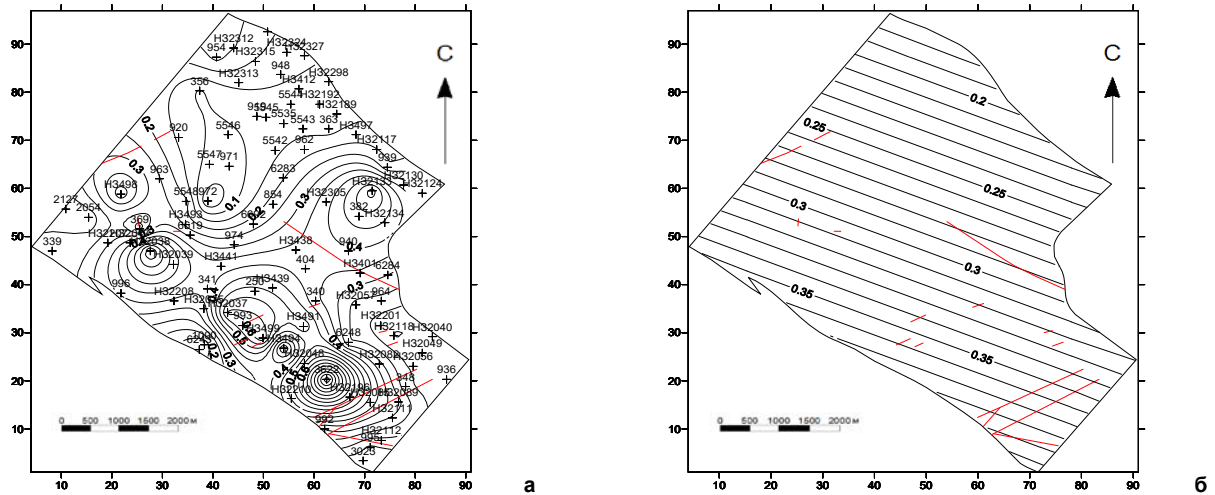


Рис. 8. Карта ізоконцентрат вмісту F (а) та карта зміни регіональної складової концентрації F (б) у вугіллі пласта с₇^H

Закономірності зміни вмісту хрому. Вміст хрому варіює в межах від 6,89 г/т до 23,75 г/т. Середнє значення по пласту становить 14,07 г/т. Найбільше значення спостерігається в західній частині шахтного поля

на ділянці із св. № Н32038 (рис. 9, а). Концентрація Cr не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту Cr зростає по падінню пласта у північно-східному напрямку (рис. 9, б).

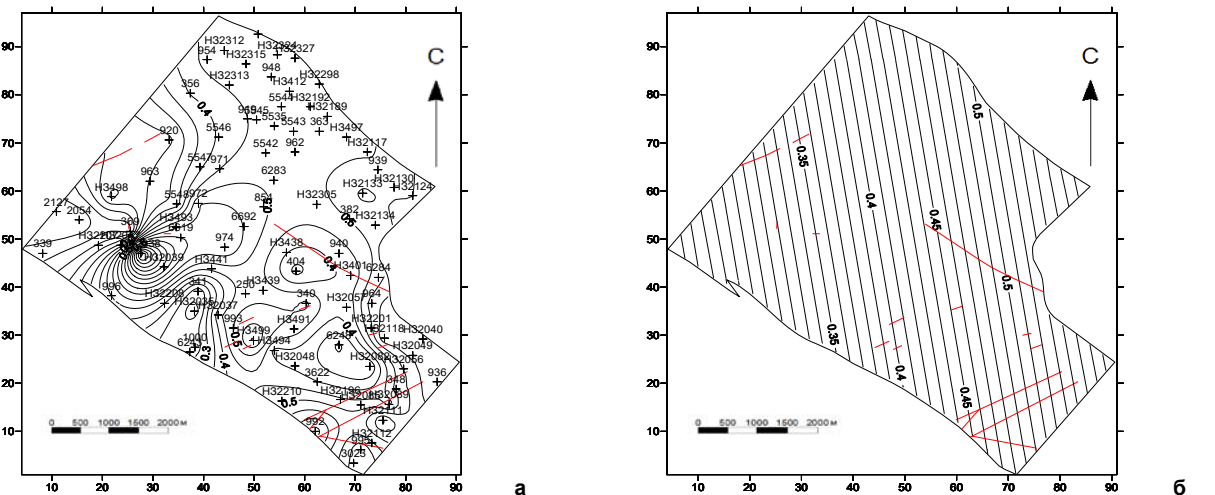


Рис. 9. Карта ізоконцентрат вмісту Cr (а) та карта зміни регіональної складової концентрації Cr (б) у вугіллі пласта с₇^H

Установлено тісний зворотний зв'язок між вмістом хрому і потужністю вугільного пласта ($r = -0,85$), тісний прямий зв'язок з кумуляцією марганцю ($r = 0,75$), нікелю ($r = 0,71$), свинцю ($r = 0,86$), кобальту ($r = 0,84$), ванадію ($r = 0,78$). Лінійні рівняння регресії:

$$\begin{aligned} Cr &= 0,6192 - 0,568 \times m; \\ Cr &= 0,0942 + 0,782 \times Pb; \\ Cr &= 0,1326 + 0,7444 \times Mn; \\ Cr &= 0,0266 + 0,89 \times Co; \\ Cr &= 0,1245 + 0,5768 \times Ni; \\ Cr &= 0,1198 + 0,8481 \times V. \end{aligned}$$

Закономірності зміни вмісту ванадію. Кумуляція ванадію коливається в межах від 13,31 до 37,78 г/т (рис. 10, а). Середнє значення по пласту становить 22,13 г/т. Ділянка з найбільшим значенням концентрації V розташована в західній частині шахтного поля біля св.

№ Н32038. Вміст V не залежить від глибини, концентрації загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту цього елемента зростає в південно-східному напрямку (рис. 10, б).

Установлено тісний зворотний зв'язок між вмістом ванадію і потужністю вугільного пласта ($r = -0,84$), тісний прямий зв'язок з концентрацією кобальту ($r = 0,74$), марганцю ($r = 0,77$), свинцю ($r = 0,80$), хрому ($r = 0,78$), нікелю ($r = 0,70$). Лінійні рівняння регресії:

$$\begin{aligned} V &= 0,5199 - 0,4803 \times m; \\ V &= 0,0743 + 0,6756 \times Pb; \\ V &= 0,0428 + 0,7088 \times Co; \\ V &= 0,0484 + 0,7337 \times Cr; \\ V &= 0,0913 + 0,6844 \times Mn; \\ V &= 0,0814 + 0,5349 \times Ni. \end{aligned}$$

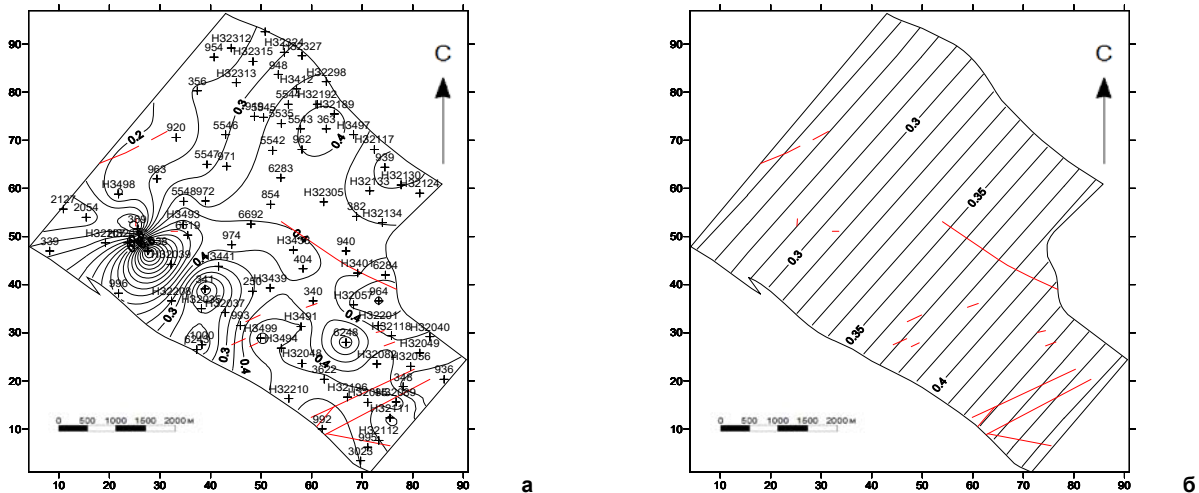


Рис. 10. Карта ізоконцентрат вмісту V (а) та карта зміни регіональної складової концентрації V (б) у вугіллі пласта с₇^н

Висновки. Отримані в процесі досліджень результати дозволяють сформулювати такі основні висновки:

1. Спільне накопичення Co, Ni, Pb, Cr, V і Mn з утворенням геохімічної асоціації й тісний негативний зв'язок концентрацій цих елементів з потужністю вугільного пласта обумовлені їхнім спільним накопиченням у приконтатних ділянках пласта з формуванням своєрідних зон збагачення потужністю 0,15–0,2 м. У свою чергу, утворення подібних зон пов'язано з інтегральним впливом адсорбційного та окисно-відновного геохімічних бар'єрів на контактах вугільного пласта при міграції рухомих форм речовини вугленосної товщі в процесі її діagenезу та катагенезу.

2. Берилій є єдиним елементом з усіх ТіПТЕ, який переважно пов'язаний з органічною складовою вугілля пласта.

3. Тісний кореляційний зв'язок асоціації Hg і As з S_{зар.} та аналіз просторового розташування аномалій цих елементів з геолого-структурними особливостями шахтопласта свідчить про накопичення цих елементів на постсидиментаційному етапі формування вугленосних відкладів та їхнього генетичного зв'язку з розривними структурами. Причому, якщо великі розривні порушення відігравали в основному роль підвідних і транзитних каналів, то дрібні порушення, і особливо оперяючі їх зони тріщинуватості, виконували контролюючу функцію.

4. Тісний прямий кореляційний зв'язок F із зольністю вугілля та аналіз побудованих карт свідчить про його переважне накопичення в процесі формування палеоторф'яника у складі шаруватих алюмосилікатів.

Основне наукове значення виконаної роботи полягає у встановленні геохімічних асоціацій ТіПТЕ і генетичних причин їхньої мінливості у вугіллі пласта, а також у виявленні полігенного і поліхронного характеру їхнього накопичення.

Практичне значення отриманих результатів полягає в побудові карт ізоконцентрат ТіПТЕ у вугіллі пласта і розрахунку рівнянь регресії між їхнім вмістом і основними технологічними параметрами.

Список використаних джерел

- ГОСТ 10478-93. Топливо твердое. Методы определения мышьяка. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 13 с.
- ГОСТ 28974-91. Угли бурые, каменные и антрациты. Методы определения бериллия, бора, марганца, бария, хрома, никеля, кобальта, свинца, галлия, ванадия, меди, цинка, молибдена, иттрия и лантана. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 8 с.

3. ГОСТ 9815-75. Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Метод отбора пластовых проб. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 6 с.

4. Инструкция по изучению токсичных компонентов при разведке угольных и сланцевых месторождений / отв. ред. В.П. Клер. АН СССР, Ин-т литосферы. – М., 1982. – 84 с.

5. Ишков В.В. Новые данные о распределении ртути, мышьяка, бериллия и фтора в угле основных рабочих пластов Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района / В.В. Ишков // Наук. вісн. НГАУ. – 2012. – № 38. – С 19–27.

6. Ишков В.В. О закономерностях распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в угольных пластах Павлоград-Петропавловского района / В.В. Ишков, А.Л. Лозовой // Наук. вісн. НГАУ. – 2001. – № 2. – С 57–61.

7. Ишков В.В. О распределении бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Добропольской ЦОФ / В.В. Ишков, А.И. Чернобук, Д.Я. Михальченко // Наук. вісн. НГАУ. – 2001. – № 4. – С. 89–90.

8. Ишков В.В. О распределении бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Краснолиманской ЦОФ / В.В. Ишков, А.И. Чернобук, В.В. Дворецкий // Наук. вісн. НГАУ. – 2001. – № 5. – С. 84–86.

9. Ишков В.В. Проблемы геохимии "малых" и токсичных элементов у вугілля України / В.В. Ишков // Наук. вісн. НГАУ. – 1999. – № 1. – С. 128–132.

References

- GOST 10478-93. (1993). Solid fuel. Methods for determination of arsenic. – M.: Standartinform Publ., 13 p. [In Russian].
- GOST 28974-91. (1991). Brown coals, hard coals and anthracites. Methods for determination of beryllium, boron, manganese, barium, chromium, nickel, cobalt, lead, gallium, vanadium, copper, zinc, molybdenum, yttrium and lanthanum. M.: Standartinform Publ., 8 p. [In Russian].
- GOST 9815-75. (1975). Brown coal, hard coal, anthracite and combustible shales. Method for sampling of seam samples. M.: Standartinform Publ., 6 p. [In Russian].
- Kler, V.P. (Ed.). (1982). Instruction for the study of toxic components in the exploration of coal and shale deposits. M.: Institute of the lithosphere AS USSR, 84 p. [In Russian].
- Ishkov, V.V. (2012). New data about the distribution of mercury, arsenic, beryllium and fluorine in the coal of the main minable layers of the Pavlograd-Petrovavlovsk geological-industrial region. *Scientific Visnyk NMAU*, 38, 19–27. [In Russian].
- Ishkov, V.V., Lozovoy, A.L. (2001). About regularity of distribution of toxic and potentially toxic elements in coal layers of Pavlograd-Petrovavlovsk district. *Scientific Visnyk NMAU*, 2, 57–61. [In Russian].
- Ishkov, V.V., Chernobuk, A.I., Mihalchonok, D.Ya. (2001). About distribution of beryllium, fluor, vanadium, plumbum and chrome in products and wastes of enrichment of the Dobropolskaya CCF. *Scientific Visnyk NMAU*, 4, 89–90. [In Russian].
- Ishkov, V.V., Chernobuk, A.I., Dvoretzkiy, V.V. (2001). About distribution of beryllium, fluor, vanadium, plumbum and chrome in products and wastes of enrichment of the Krasnoliman'skaya CCF. *Scientific Visnyk NMAU*, 5, 84–86. [In Russian].
- Ishkov, V.V. (1999). Geochemistry problems of "small" and toxic elements in coal of Ukraine. *Scientific Visnyk NMAU*, 1, 128–132. [In Ukrainian].

Надійшла до редколегії 13.07.17

V. Ishkov, Cand. Sci. (Geol.-Min.), Assoc. Prof.
E-mail: ish-w@yandex.ua,
E. Koziy, Dep. Director ESCTSC
E-mail: koziyes@nmu.org.ua
State Higher Educational Institution "National Mining University"
19 Dmytra Yavornytskoho Ave., Dnipro, 49600, Ukraine

DISTRIBUTION OF TOXIC AND POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN THE COAL OF THE LAYER C₇^H OF THE "PAVLOGRADSKAYA" MINE OF PAVLOGRADSKO-PETROPAVLOVSKIY GEOLOGICAL AND INDUSTRIAL DISTRICT

Increasing requirements for environmental protection and influence accounting of coal-mining enterprises on the ecological situation stipulates the need for new scientifically grounded methods for forecasting the content of toxic and potentially toxic elements (TaPTE) in rock mass, mining waste and coal enrichment which is mined in mines.

In the article, the results of investigations of TiPTE in coal layer c₇^H of "Pavlogradskaya" mine field of Pavlograd-Petropavlovsk geological and industrial region of Donbass are considered. The research aims to establish regularities in the distribution of TaPTE in the coal layer c₇^H.

As a result of the performed studies, the content variations and average concentrations of TaPTE in the coal of the layer were established, maps of the isoconcentrate of TaPTE and maps of the regional constituent of their contents by the area were constructed. The constructed maps are the factual basis for the long-term forecast of the concentrations of TaPTE in the rock mass extracted in mines. Linear regression equations are calculated between the concentrations of toxic and potentially toxic elements and the main technological parameters.

These equations can be used for short-term and medium-term forecasting and controlling the contents of TaPTE in the extracted rock mass. In its turn, long-, medium- and short-term forecasts of TaPTE concentrations in extracted rock mass should serve as the basis for technological solutions aimed at reducing their content in coal mining products, products and waste coal.

Analysis of the result of statistical processing of geochemical information and geological and structural characteristics of the layer c₇^H of mine field of "Pavlogradskaya" mine allowed us to establish, that the formation of the association of cobalt, nickel, vanadium, lead, chrome and manganese is associated with the enrichment of contact zones of the coal layer by these elements and is genetically due to influence of adsorption and reductive-oxidative barriers on the migration of matter during the diagenesis and catagenesis of coal-bearing series. It is proved that beryllium is the only element, mainly associated with the organic constituent of coals. The association of mercury and arsenic is due to their genetic connection with the sulfide mineralization of fractured zones of tectonic nature.

The main scientific importance of the results of the performed studies is the establishment of genetic causes that have a significant effect on the distribution of TaPTE in coal layer of c₇^H.

Keywords: coal layer, coal height, ash, sulfur, toxic and potentially toxic elements, isoconcentrate maps, regional component maps, regression equation.

В. Ишков, канд. геол.-минерал. наук, доц.
E-mail: ish-w@yandex.ua,
Е. Козий, зам. директора УНЦ ПИГ
E-mail: koziyes@nmu.org.ua
Государственное высшее учебное заведение "Национальный горный университет"
пр. Дмитрия Яворницкого, 19, г. Днепр, 49600, Украина

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТОКСИЧНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УГЛЕ ПЛАСТА C₇^H ШАХТЫ "ПАВЛОГРАДСКАЯ" ПАВЛОГРАДСКО-ПЕТРОПАВЛОВСКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Повышение требований к охране окружающей среды и учету влияния угледобывающих предприятий на экологическую обстановку обуславливает потребность в новых научно обоснованных методах прогноза содержания токсичных и потенциально токсичных элементов (ТиПТЭ) в добываемой шахтами горной массе, отходах добычи и углеобогащения.

Рассматриваются результаты исследований ТиПТЭ в угле пласта c₇^H поля шахты "Павлоградская" Павлоградско-Петропавловского геолого-промышленного района Донбасса. Цель работы – установить закономерности в распределении ТиПТЭ в угле пласта c₇^H.

В результате выполненных исследований установлены вариации содержания и средние концентрации ТиПТЭ в угле пласта, построены карты изоконцентрат ТиПТЭ и карты региональной составляющей их содержания по площади шахтопласта. Построенные карты являются фактологической основой для долгосрочного прогноза концентраций ТиПТЭ в добываемой шахтой горной массе. Рассчитаны линейные уравнения регрессии между концентрациями токсичных и потенциально токсичных элементов и основными технологическими параметрами. Эти уравнения могут быть использованы для краткосрочного и среднесрочного прогноза и контроля содержания ТиПТЭ в добываемой горной массе. В свою очередь долго-, средне- и краткосрочные прогнозы концентраций ТиПТЭ в добываемой горной массе должны служить основанием для технологических решений, направленных на снижение их содержания в продуктах угледобычи, продуктах и отходах углеобогащения.

Анализ результатов статистической обработки геохимической информации и геолого-структурной характеристики пласта c₇^H поля шахты "Павлоградская" позволил установить, что формирование ассоциации кобальта, никеля, ванадия, свинца, хрома и марганца связано с обогащением этими элементами приконтактных зон угольного пласта и генетически обусловлено влиянием адсорбционного и окислительно-восстановительного барьеров на миграцию вещества в процессе диагенеза и катагенеза угленосной толщи. Доказано, что бериллий является единственным элементом, который преимущественно связан с органической составляющей углей. Ассоциация ртути и мышьяка обусловлена их генетической связью с сульфидной минерализацией трещиноватых зон тектонической природы.

Основное научное значение результатов выполненных исследований заключается в установлении генетических причин, оказывающих существенное влияние на особенности распределения ТиПТЭ в угле пласта c₇^H.

Ключевые слова: угольный пласт, мощность, зола, сера, токсичные и потенциально токсичные элементы, карты изоконцентрат, карты региональной составляющей, уравнение регрессии.