

УДК 553.94:550.428

**Ишков В.В.**, канд.геол.-мінерал. наук, доцент,  
**Козій Є.С.**, інженер  
 (Державний ВНЗ «НГУ»)

**ПРО РОЗПОДІЛ ТОКСИЧНИХ І ПОТЕНЦІЙНО ТОКСИЧНИХ  
 ЕЛЕМЕНТІВ У ВУГІЛЛІ ПЛАСТА C<sub>10</sub><sup>B</sup> ШАХТИ  
 «ДНІПРОВСЬКА» ПАВЛОГРАДСЬКО-ПЕТРОПАВЛІВСЬКОГО  
 ГЕОЛОГО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ ДОНБАСУ\***

**Ишков В.В.**, канд.геол.-минерал. наук, доцент,  
**Козий Е.С.**, инженер  
 (Государственное ВУЗ «НГУ»)

**О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТОКСИЧНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО  
 ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УГЛЕ ПЛАСТА C<sub>10</sub><sup>B</sup> ШАХТЫ  
 «ДНЕПРОВСКАЯ» ПАВЛОГРАДСКО-ПЕТРОПАВЛОВСКОГО  
 ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА ДОНБАССА**

**Ishkov V.V.**, Cand. Sc. (Geol.-Min.), Assoc. Professor  
**Koziy E.S.**, M.S. (Tech.),  
 (State HEI «NMU»)

**ABOUT PECULIARITIES OF DISTRIBUTION OF TOXIC AND  
 POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN THE COAL OF THE  
 LAYER C<sub>10</sub><sup>B</sup> OF THE DNEPROVSKAYA MINE OF  
 PAVLOGRADSKO-PETROPAVLOVSKIY GEOLOGICAL AND  
 INDUSTRIAL DISTRICT OF DONBASS**

**Анотація.** У статті розглянуто особливості розподілу токсичних і потенційно токсичних елементів (ТіПТЕ) у вугіллі пласта с<sub>10</sub><sup>B</sup> шахти «Дніпровська».

Мета роботи – встановити закономірності в розподілі ТіПТЕ у вугіллі пласта с<sub>10</sub><sup>B</sup> поля шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу.

В результаті виконаних досліджень побудовані карти ізоконцентрат ТіПТЕ і карти регіональної складової їх вмісту по площі шахтного поля. Розраховані лінійні рівняння регресії між концентраціями токсичних і потенційно токсичних елементів і основними технологічними параметрами вугілля.

Аналізуючи результати статистичної обробки геохімічної інформації по пласту с<sub>10</sub><sup>B</sup> поля шахти «Дніпровська» можна встановити, що формування асоціації кобальту, нікелю, ванадію, свинцю, хрому та марганцю пов'язано із збагаченням цими елементами приконтактних зон вугільного пласта і генетично обумовлене впливом адсорбційного і окислювально-відновлювального бар'єрів на міграцію речовини в процесі діагенезу і катагенезу вугленосної товщі. Було зроблено висновок, що берилій є єдиним елементом, переважно пов'язаним з органічною складовою вугілля. Геохімічна асоціація ртуті і миш'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 с<sub>10</sub><sup>B</sup>.

**Ключові слова:** токсичні і потенційно токсичні елементи, вугільний пласт, карти ізоконцентрат, карти регіональної складової, лінійні рівняння регресії.

\* © Ишков В.В., Козий Є.С., 2017

**Вступ.** Павлоградсько-Петропавлівський геолого-промисловий район Західного Донбасу адміністративно відноситься до Павлоградського району Дніпропетровської області. Вивчення особливостей розподілу токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пластів цього району пов'язані із зростанням вимог до охорони навколишнього середовища, які обумовлюють потребу в нових науково обґрунтованих методах прогнозу вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів (ТіПТЕ) в добуваємії шахтами гірській масі та відходах видобутку і вуглезбагачення. Для об'єктивної оцінки впливу вугільнодовувної промисловості і підприємств теплоенергетики на екологічну ситуацію і планування найбільш ефективних заходів направлених на її покращення необхідно мати у своєму розпорядженні відомості про характер розподілу і рівень концентрації ТіПТЕ у вугіллі та вміщуючи породах. Особлива актуальність даної проблеми визначається Законом України «Про надра», постановами Кабінету Міністрів України № 22 від 30.09.1995 р. та № 688 від 28.06.1997 р, а також нормативними документами ДКЗ [1].

**Останні досягнення.** Раніше В.В. Ішковим спільно з А.І. Чорнобук, Д.Я. Михальчонок, В.В. Дворецьким [2, 3, 4, 5, 6] досліджені особливості розподілу деяких ТіПТЕ в продуктах і відходах збагачення ряду вуглезбагачувальних фабрик Донбасу. В.В. Ішковим спільно з Є.С. Козій [7, 8, 9, 10, 11, 12] досліджені особливості розподілу ТіПТЕ у вугіллі пластів Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Західного Донбасу.

У той же час, розгляд і аналіз розподілу ТіПТЕ у вугіллі пласта  $c_{10}^B$  шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району раніше не виконувалося.

**Мета роботи:** встановити закономірності в розподілі ТіПТЕ у вугіллі пласта  $c_{10}^B$  поля шахти «Дніпровська» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

**Методика досліджень.** Розгляд розподілу ТіПТЕ в геологічних об'єктах різного характеру і масштабу є необхідним для встановлення законів їх 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 отримані результати осмислюються з урахуванням фізико-хімічних і геологічних особливостей.

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

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 помилки, медіани, ексцесу, моди, стандартного відхилення, дисперсії вибірки, мінімального і максимального значення вмісту, коефіцієнту 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 змістами ТiПТЕ. В єдину геохімічну асоціацію об'єднувалися елементи, у 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 показує 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 елемента у фракції різної щільності.

При побудові всіх карт використовувалася програма Surfer 11.

**Закономірності зміни вмісту миш'яку.** Концентрація As у вугіллі пласта (рис. 1а) змінюється в значному діапазоні, від 6,91 г/т до 32,58 г/т і не пов'язана з напрямком падіння, глибиною, потужністю вугільного пласта та концентрацією золи вугілля. Середнє значення вмісту миш'яку по пласту складає

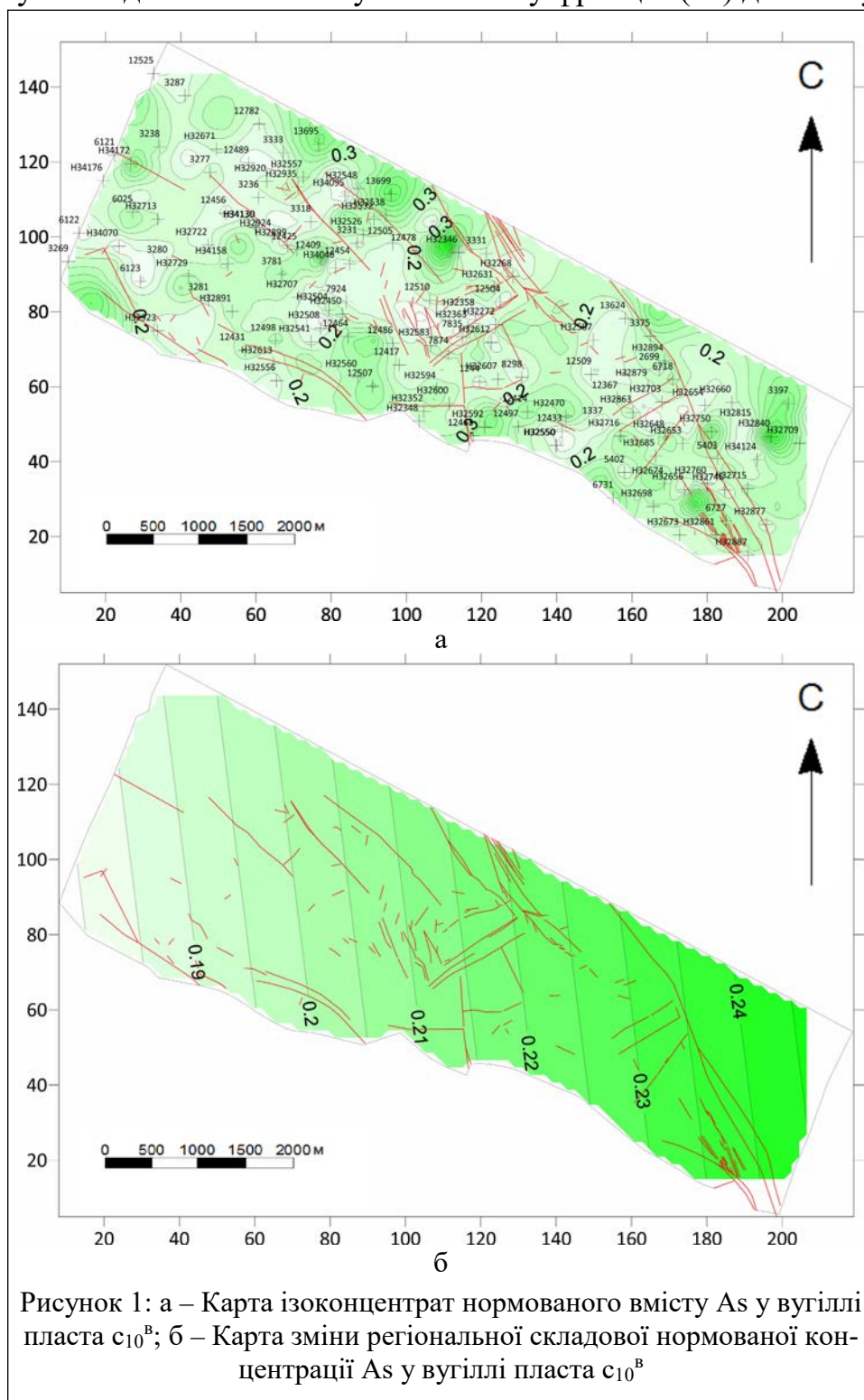
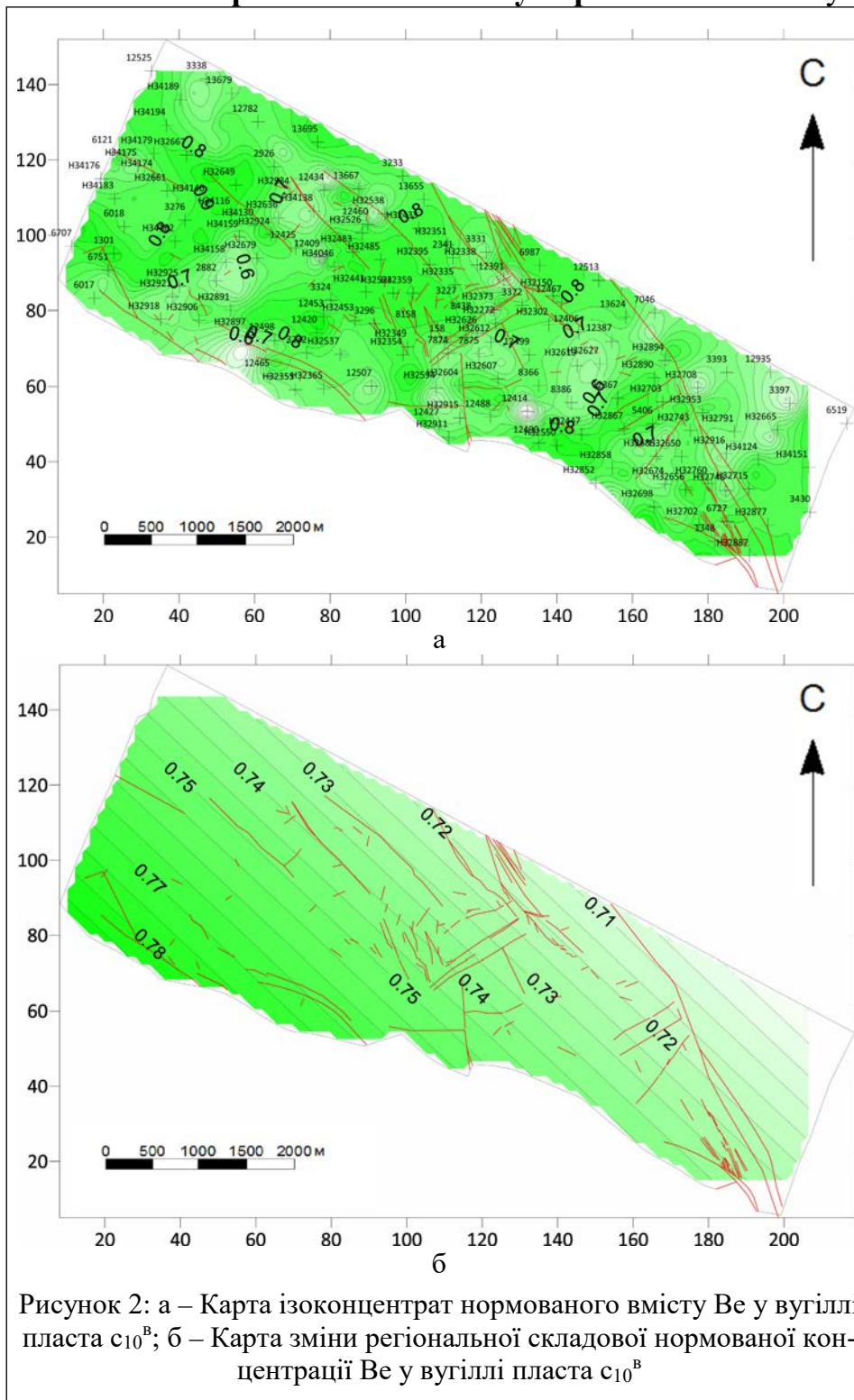


Рисунок 1: а – Карта ізоконцентрат нормованого вмісту As у вугіллі пласта  $c_{10}^B$ ; б – Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації As у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

12,36 г/т. Найбільша локація As знаходиться в північній частині шахтного поля. Вона просторово пов'язана із свердловиною № НЗ2351. Карта зміни регіональної складової концентрації As представлена на (рис. 1,б) показує збільшення його вмісту у вугіллі пласта  $c_{10}^B$  в південно-східному напрямку. Миш'як формує геохімічну асоціацію із ртуттю ( $r = 0,61$ ) та пов'язаний із вмістом у вугіллі сірки загальної ( $r = 0,93$ ). Лінійні рівняння регресії

$$As = 0,0531 + 0,5707 \times Hg; \quad As = 6,7085 + 2,9186 \times S_{\text{заг.}}$$

**Закономірності зміни вмісту берилію.** Вміст Be у вугіллі пласта змінюється в межах від 0,93 г/т до 4,22 г/т (рис. 2,а), при середньому значенні – 3,36 г/т. Найбільша локація берилію знаходиться в південно-західній частині шахтного поля в районі свердловини № НЗ2508. Вміст Be не залежить від глибини, потужності пласта та вмісту сірки загальної у вугіллі. Регіональна складова його вмісту зростає в напрямку зворотному падінню пласта в південно-західному напрямку (рис. 2,б).



Спостерігається тісна зворотна статистична залежність між вмістом Be і золюю ( $r = -0,95$ ), фтором ( $r = -0,86$ ). Лінійні рівняння регресії

$$Ve = 4,2014-0,1104 \times A^d; \quad Ve = 5,2449-0,0173 \times F.$$

**Закономірності зміни вмісту кобальту.** Концентрація кобальту варіює в межах від 3,57 г/т до 14,95 г/т (рис. 3,а). Середнє значення концентрації кобальту по пласту складає 8,27 г/т. Максимальне значення встановлене в крайній західній частині ділянки і приурочене до свердловини № Н32038. Концентрація  $Co$  не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту  $Co$  зростає в напрямку зворотному падінню пласта в південно-західному напрямку (рис. 3,б).

Встановлено тісний зворотній зв'язок між вмістом кобальту і потужністю вугільного пласта ( $r = -0,81$ ), тісний прямий зв'язок з кумуляцією марганцю ( $r = 0,60$ ), нікелю ( $r = 0,77$ ), свинцю ( $r = 0,72$ ), хрому ( $r = 0,68$ ), ванадію ( $r = 0,81$ ). Лінійні рівняння регресії

$$Co = 0,9441-0,8465 \times m; \quad Co = 0,1907+0,5231 \times Mn; \quad Co = 0,1405+0,7712 \times Ni; \\ Co = 0,1465+0,7322 \times Pb; \quad Co = 0,1866+0,5982 \times Cr; \quad Co = 0,1125+0,8395 \times V.$$

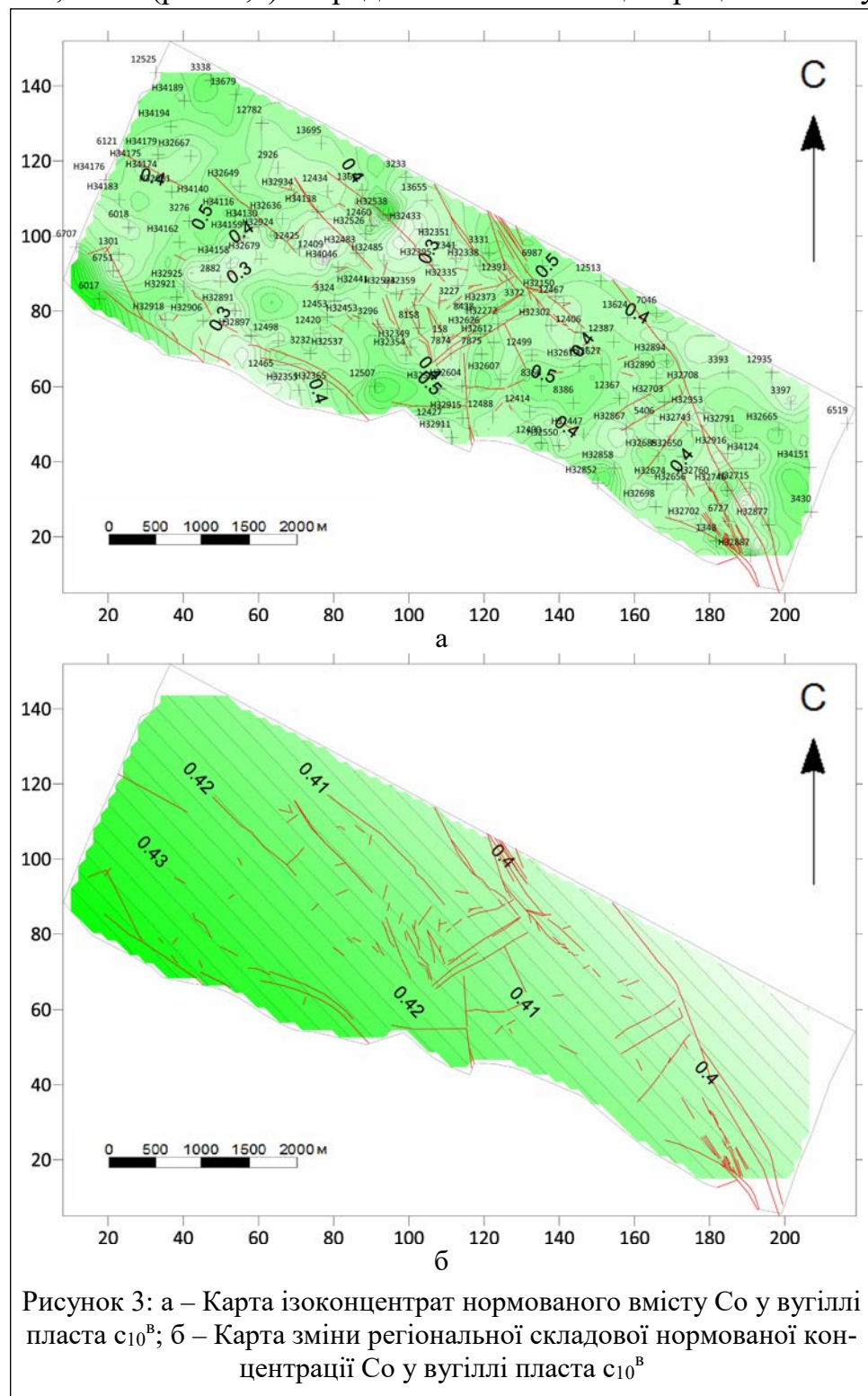


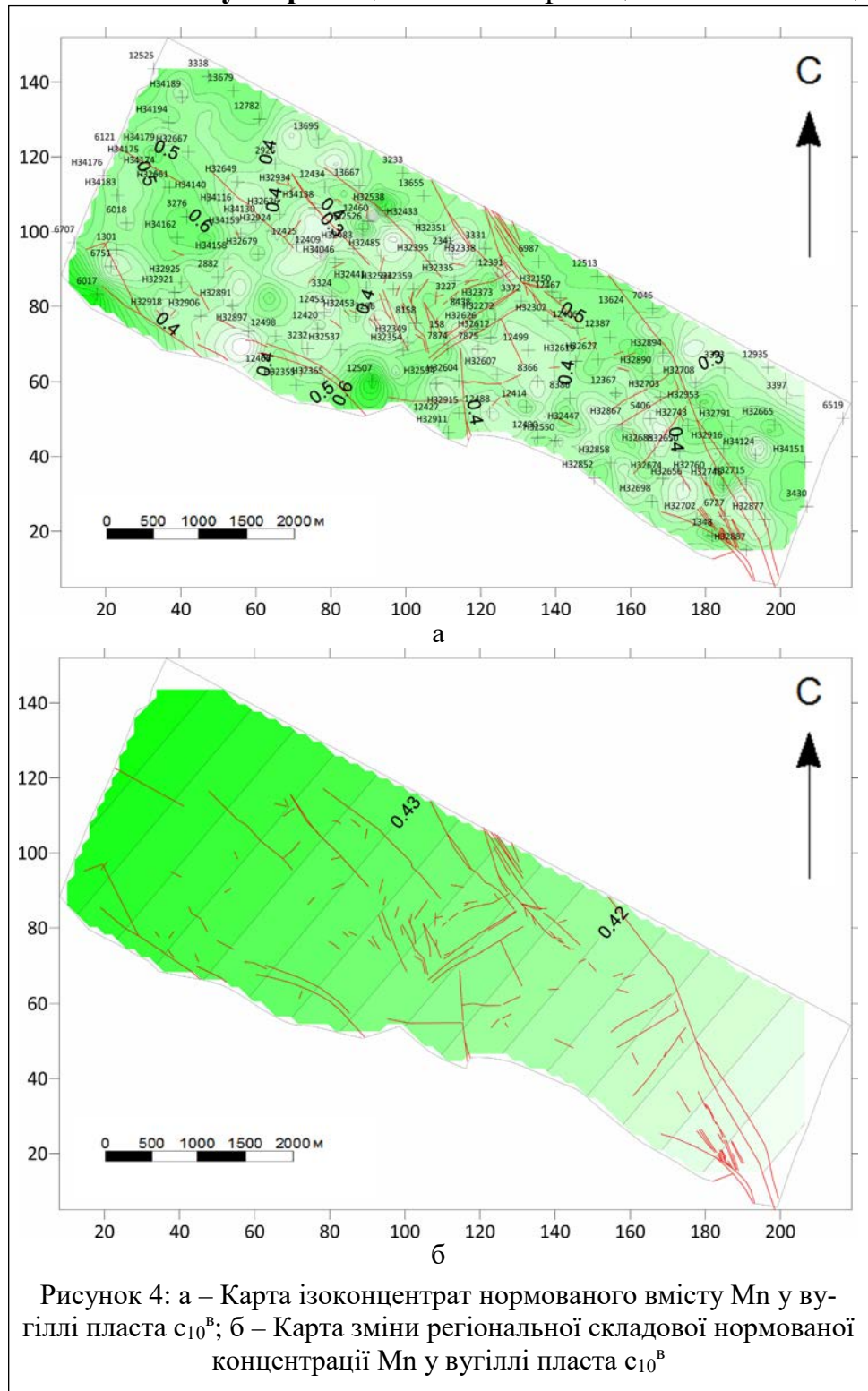
Рисунок 3: а – Карта ізоконцентрат нормованого вмісту  $Co$  у вугіллі пласта  $c_{10}^B$ ; б – Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації  $Co$  у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

### Закономірності зміни вмісту марганцю. Вміст марганцю змінюється від

19,37 г/т до 124,65 г/т (рис. 4,а). Середнє значення вмісту марганцю по пласту складає 64,14 г/т. Найбільша локація приурочена до ділянки пласта біля свердловини №12507, яка знаходиться в південній частині шахтного поля. Кумуляція Mn не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту цього елемента зростає в північно-західному напрямку (рис. 4,б).

Виявлено тісний зворотній зв'язок між вмістом марганцю і потужністю вугільного пласта ( $r = -0,73$ ), тісний прямий зв'язок з концентрацією кобальту ( $r = 0,60$ ), нікелю ( $r = 0,67$ ), свинцю ( $r = 0,62$ ), хрому ( $r = 0,59$ ), ванадію ( $r = 0,72$ ). Лінійні рівняння регресії:

$$\begin{aligned} Mn &= 0,9658 - 0,8618 \times m; & Mn &= 0,1462 + 0,6756 \times Co; & Mn &= 0,1579 + 0,7562 \times Ni; \\ Mn &= 0,1634 + 0,7189 \times Pb; & Mn &= 0,2004 + 0,5939 \times Cr; & Mn &= 0,12 + 0,8524 \times V. \end{aligned}$$



**Закономірності зміни вмісту нікелю.** Кумуляція нікелю коливається в межах від 9,88 г/т до 40,47 г/т (рис. 5,а). Середнє значення по пласту складає 20,7 г/т. Ділянка з найбільшою локацією нікелю знаходиться в крайній західній частині шахтного поля в районі свердловини № 6017. Вміст Ni не залежить від глибини, концентрації загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту цього елемента зростає в південно-східному напрямку (рис. 5,б).

Встановлено тісний зворотній зв'язок між вмістом нікелю і потужністю вугільного пласта ( $r = -0,95$ ), тісний прямий зв'язок з концентрацією кобальту ( $r = 0,77$ ), марганцю ( $r = 0,67$ ), свинцю ( $r = 0,81$ ), хрому ( $r = 0,71$ ), ванадію ( $r = 0,93$ ). Лінійні рівняння регресії

$$\begin{aligned} Ni &= 0,9722 - 0,9863 \times m; & Ni &= 0,034 + 0,7735 \times Co; & Ni &= 0,1038 + 0,5873 \times Mn; \\ Ni &= 0,0525 + 0,8266 \times Pb; & Ni &= 0,1158 + 0,6279 \times Cr; & Ni &= 0,0065 + 0,9693 \times V. \end{aligned}$$

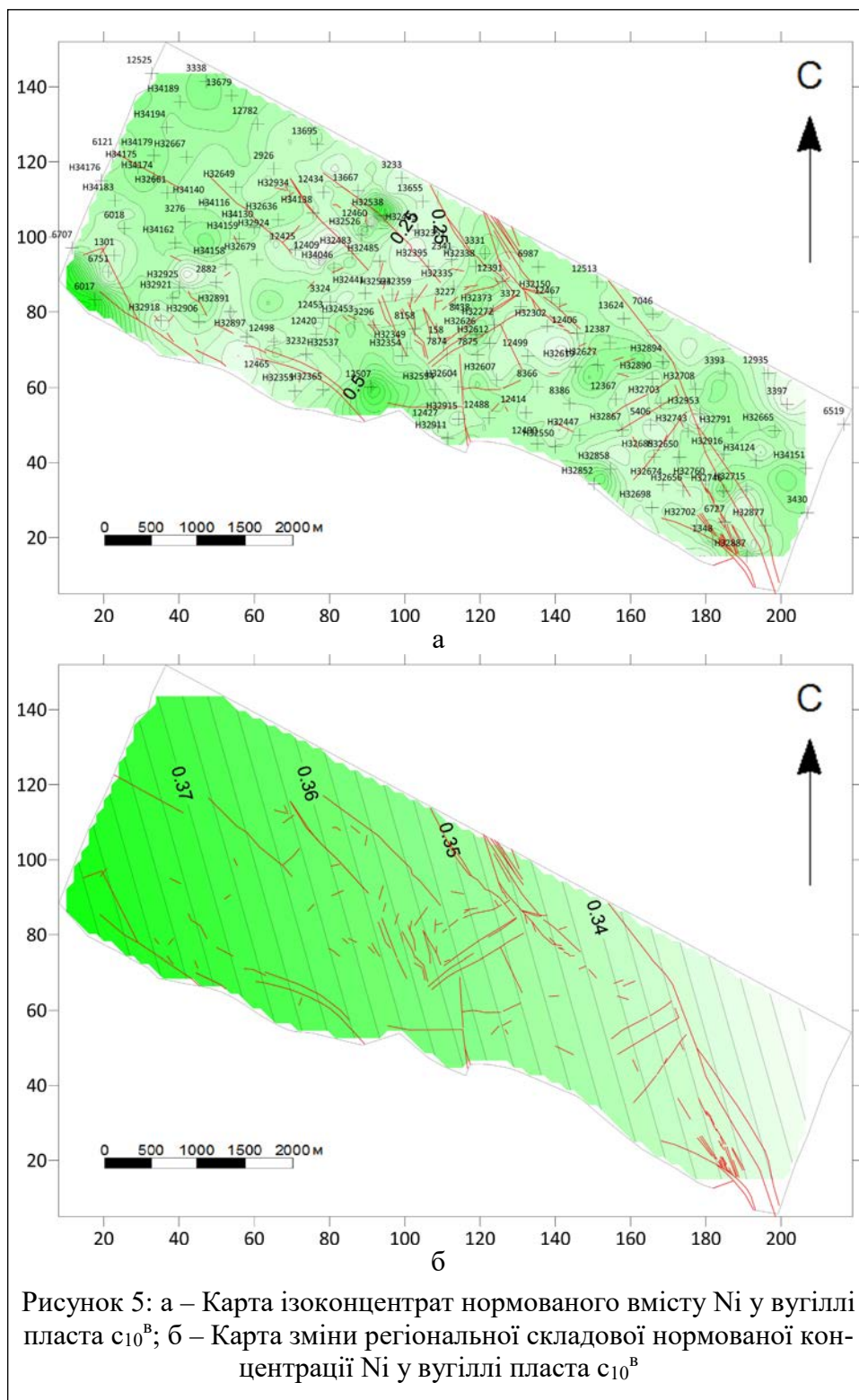
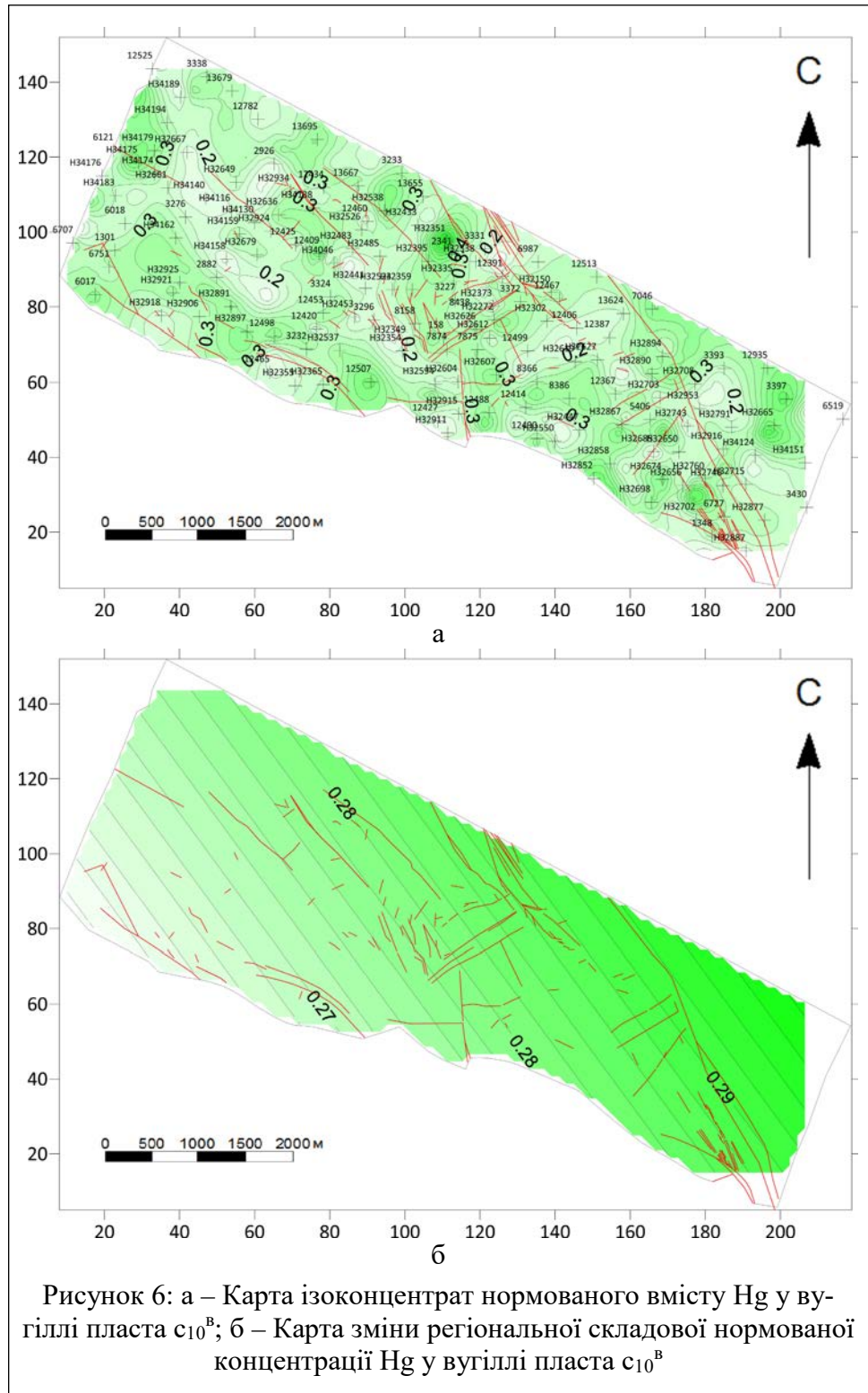


Рисунок 5: а – Карта ізоконцентрат нормованого вмісту Ni у вугіллі пласта  $c_{10}^B$ ; б – Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації Ni у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

### Закономірності зміни вмісту ртуті. Вміст Hg змінюється в межах від

0,053 г/т до 0,338 г/т (рис. 6,а). Середнє значення по пласту складає 0,132 г/т. Найбільша локація Hg знаходиться в північній частині шахтного поля в районі свердловини № Н32351. Концентрація Hg не залежить від глибини, потужності пласта та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту цього елемента зростає в північно-східному напрямку, в напрямку падіння вугільного пласта (рис. 6,б).

Встановлено тісний прямий зв'язок між вмістом ртуті і сірки загальної у вугіллі пласта ( $r = 0,67$ ) та з концентрацією миш'яку ( $r = 0,61$ ). Лінійні рівняння регресії



$$Hg = 0,146 + 0,7465 \times S_{\text{зар.}}; \quad Hg = 0,1422 + 0,6454 \times A_s.$$



### Закономірності зміни вмісту свинцю. Вміст свинцю в межах пласта змінюється від

2,87 г/т до 11,83 г/т. Середнє значення по пласту складає 6,13 г/т. Найбільша локація встановлена в північній частині шахтного поля на ділянці свердловини № 3326 (рис. 7,а).

Концентрація Pb не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту Pb зростає в напрямку зворотному падінню пласта в південно-західному напрямку (рис. 7,б).

Встановлено тісний зворотній зв'язок між вмістом свинцю і потужністю вугільного пласта ( $r = -0,87$ ), тісний прямий зв'язок з кумуляцією марганцю ( $r = 0,62$ ), нікелю ( $r = 0,81$ ), кобальту

( $r = 0,72$ ), хрому ( $r = 0,66$ ), ванадію ( $r = 0,85$ ). Лінійні рівняння регресії:

$$\begin{aligned} \text{Pb} &= 0,9212 - 0,8881 \times m; & \text{Pb} &= 0,1352 + 0,5385 \times \text{Mn}; & \text{Pb} &= 0,0824 + 0,7971 \times \text{Ni}; \\ \text{Pb} &= 0,0716 + 0,7082 \times \text{Co}; & \text{Pb} &= 0,1475 + 0,5723 \times \text{Cr}; & \text{Pb} &= 0,0546 + 0,8645 \times \text{V}. \end{aligned}$$

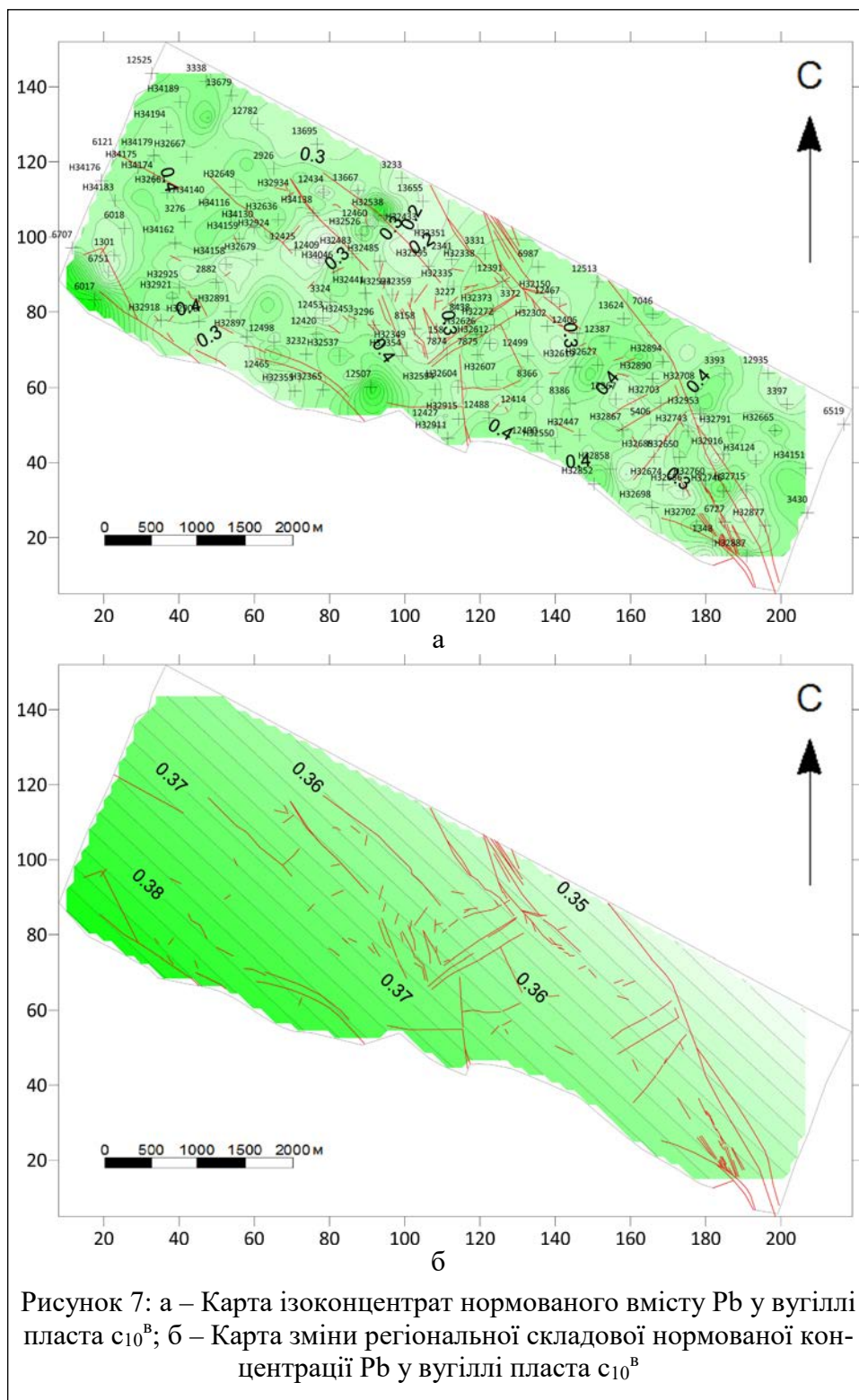


Рисунок 7: а – Карта ізоконцентрат нормованого вмісту Pb у вугіллі пласта  $c_{10}^B$ ; б – Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації Pb у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

**Закономірності зміни вмісту фтору.** Вміст фтору змінюється в межах від 64,14 г/т до 216,19 г/т. Середнє значення по пласту складає 109,14 г/т. Максимальна локація фтору фіксується на ділянці в районі свердловини № 12414

(рис. 8,а). Кумуляція F не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та потужності пласта. Регіональна складова вмісту F зростає в північно-східному напрямку, в напрямку падіння вугільного пласта (рис. 8,б).

Встановлено тісний прямий зв'язок концентрації F з вмістом золи ( $r = 0,90$ ), тісний зворотний зв'язок з кумуляцією берилію ( $r = -0,86$ ). Лінійне рівняння регресії:

$$F = 0,0943 + 0,9245 \times A^d \quad F = 0,9827 - 0,9287 \times B_e$$

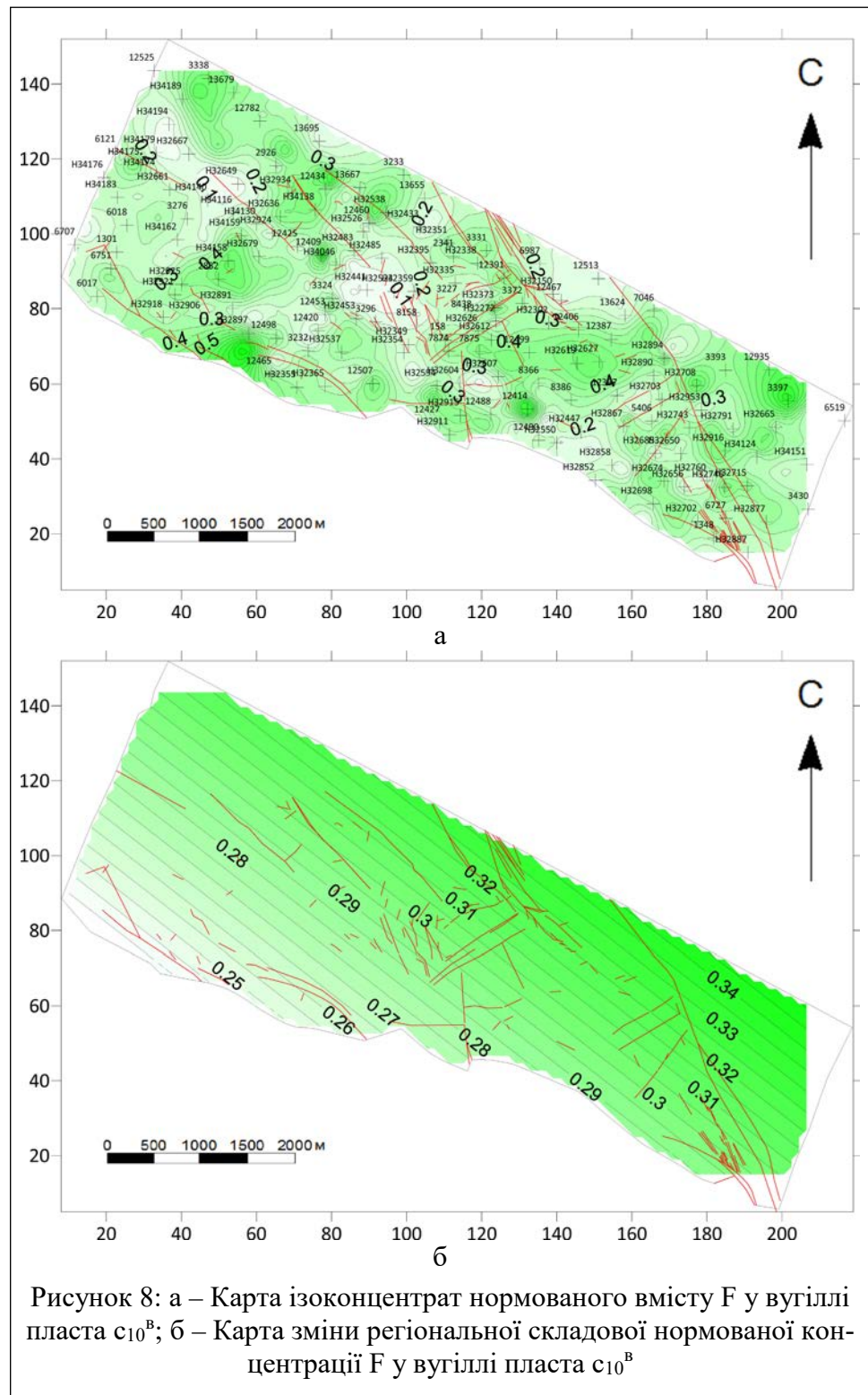
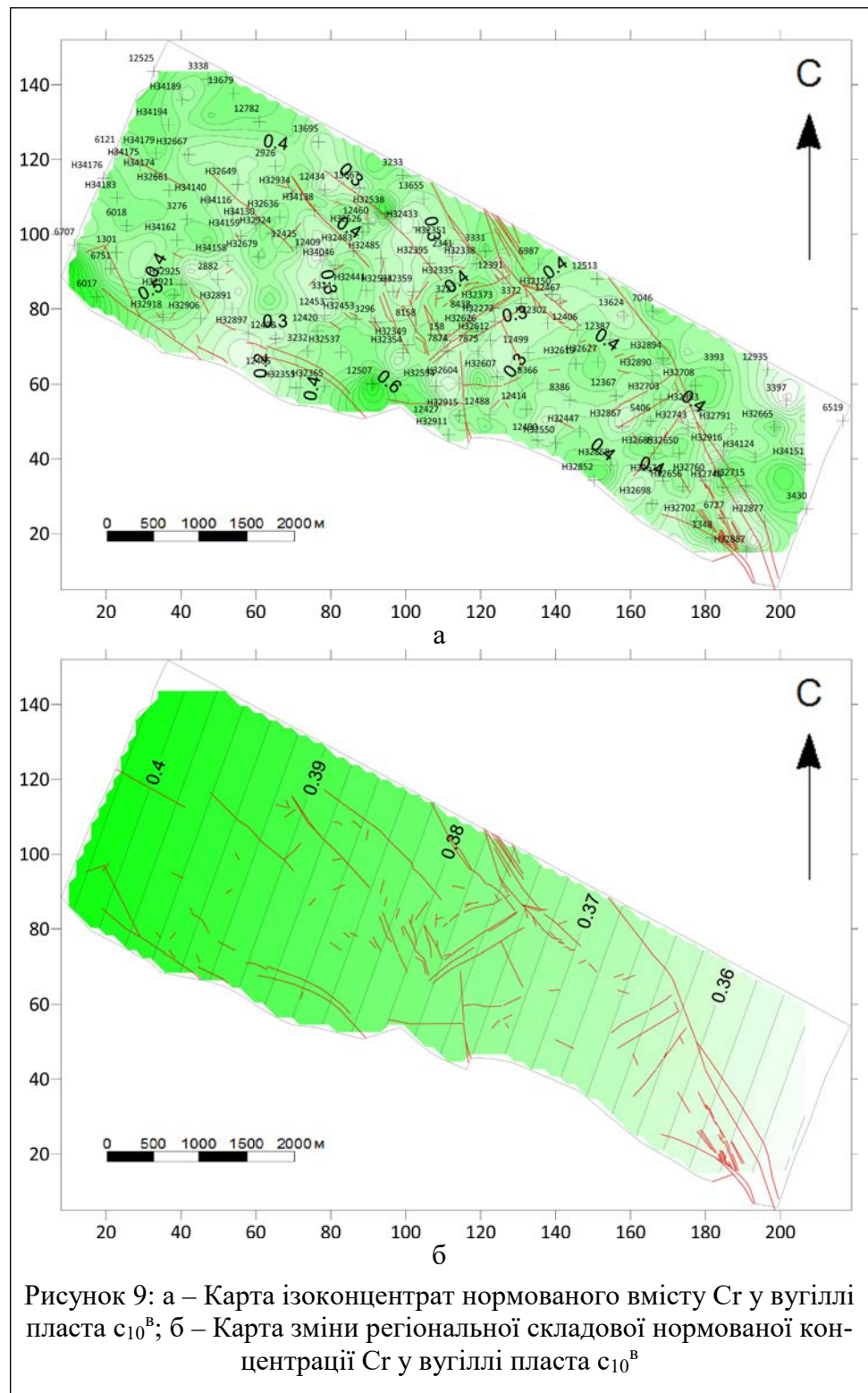


Рисунок 8: а – Карта ізоконцентрат нормованого вмісту F у вугіллі пласта  $c_{10}^B$ ; б – Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації F у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

**Закономірності зміни вмісту хрому.** Вміст хрому варіює в межах від 4,92 г/т до 20,33 г/т. Середнє значення по пласту складає 10,76 г/т. Найбільше значення спостерігається в крайній західній частині ділянки в районі свердловини № 3269 (рис. 9,а). Концентрація  $C_r$  не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту  $C_r$  зростає в північно-західному напрямку (рис. 9,б).

Встановлено тісний зворотній зв'язок між вмістом хрому і потужністю вугільного пласта ( $r = -0,77$ ), тісний прямий зв'язок з кумуляцією марганцю ( $r = 0,59$ ), нікелю ( $r = 0,71$ ), свинцю ( $r = 0,66$ ), кобальту ( $r = 0,68$ ), ванадію ( $r = 0,75$ ). Лінійні рівняння регресії



$$C_r = 0,9493 - 0,9098 \times m; \quad C_r = 0,1272 + 0,5912 \times Mn; \quad C_r = 0,0941 + 0,8048 \times Ni;$$

$$C_r = 0,1016 + 0,7606 \times Pb; \quad C_r = 0,0609 + 0,769 \times Co; \quad C_r = 0,0629 + 0,882 \times V.$$

**Закономірності зміни вмісту ванадію.** Кумуляція ванадію коливається в інтервалі від 6,08 г/т до 47,84 г/т (рис. 10,а). Середнє значення по пласту складає 21,03 г/т. Ділянка з найбільшою локацією V знаходиться на півночі шахтного поля і пов'язана із свердловиною № 3326. Вміст V не залежить від глибини, концентрації загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту цього елемента зростає в південно-західному напрямку (рис. 10,б).

Встановлено тісний зворотній зв'язок між вмістом ванадію і потужністю вугільного пласта ( $r = -0,98$ ), тісний прямий зв'язок з концентрацією кобальту ( $r = 0,81$ ), марганцю ( $r = 0,72$ ), свинцю ( $r = 0,85$ ), хрому ( $r = 0,75$ ), нікелю ( $r = 0,93$ ). Лінійні рівняння регресії

$$V = 0,9742 - 0,9823 \times m; \quad V = 0,036 + 0,7796 \times Co; \quad V = 0,0974 + 0,613 \times Mn; \\ V = 0,0558 + 0,83 \times Pb; \quad V = 0,1168 + 0,6371 \times Cr; \quad V = 0,0407 + 0,8975 \times Ni.$$

**Висновки.** На основі отриманих результатів статистичної обробки геохімічної інформації і аналізу побудованих карт ізоконцентрат TiPTE і карт регіональної складової їх вмісту можна зробити наступні висновки:

1. Спільне накопичення таких елементів як Co, Ni, Pb, Cr, V і Mn, які утворюють геохімічну асоціацію і тісний негативний зв'язок концентрацій цих елементів з потужністю вугільного пласта обумовлені їх спільним накопиченням в

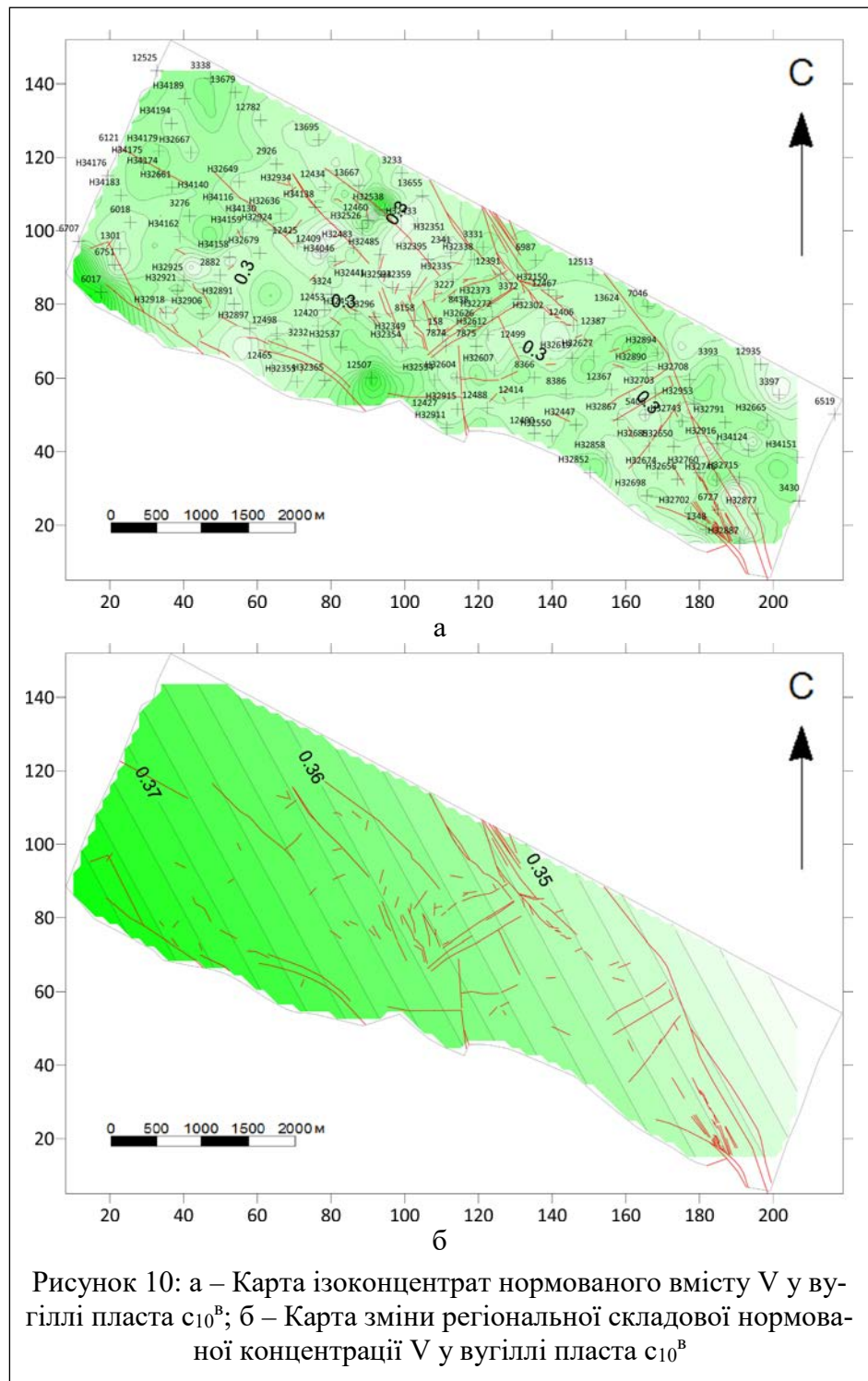
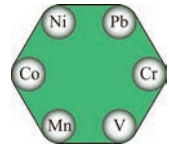


Рисунок 10: а – Карта ізоконцентрат нормованого вмісту V у вугіллі пласта  $c_{10}^B$ ; б – Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації V у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

приконтактних ділянках пласта з формуванням своєрідних зон збагачення потужністю (0,15-0,2) м. Утворення подібних зон пов'язане з інтегральним впливом адсорбційного і окислювально-відновлювального геохімічних бар'єрів в зоні контактів вугільного пласта при міграції рухомих форм речовини вугленосної товщі в процесі її діагенезу та катагенезу.



2. Ве є єдиним елементом з усіх ТіПТЕ переважно пов'язаних з органічною складовою вугілля пласта. Кумуляція його основної частини відбувалася в процесі торфонакопичення.

3. Тісний кореляційний зв'язок асоціації Hg і As з  $S_{зар.}$  і аналіз просторового розташування аномалій цих елементів з геолого-структурними особливостями шахтопласта свідчить про накопичення цих елементів на постседиментаційному етапі формування вугленосних відкладів і їх генетичного зв'язку з розривними структурами. Причому якщо великі розривні порушення грали 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 і аналіз побудованих карт свідчить про його переважне накопичення в процесі формування палеоторфяника в складі шаруватих алюмосилікатів.

**Основне наукове значення** отриманих результатів полягає у встановленні геохімічних асоціацій ТіПТЕ і генетичних причин їх мінливості у вугіллі пласта, а також у виявленні полігенного і поліхронного характеру їх накопичення.

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

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Инструкция по изучению токсичных компонентов при разведке угольных и сланцевых месторождений / отв. ред. В.Р. Клер; АН СССР, Ин-т литосферы. – М., 1982. – 84 с.
2. 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 // Науковий вісник НГАУ. – 2001. – №5. – С. 84-86.
3. 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. Михальчонок // Науковий вісник НГАУ. – 2001. – №4. – С. 89-90.
4. Ишков, В.В. Проблемы геохимии «малых» и токсичных элементов у вугіллі України / В.В. Ишков // Науковий вісник НГА України. – 1999. – №1. – С. 128 -132.
5. Ишков, В.В. О Закономерностях распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в угольных пластах Павлоград-Петропавловского района / В.В. Ишков, А.Л. Лозовой // Науковий вісник НГАУ. – 2001. – №2. – С. 57-61.
6. 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 // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 38. – С. 19-27.
7. Ишков, В.В. Новые данные о распределении токсичных и потенциально токсичных элементов в угле пласта  $s_6^H$  шахты «Терновская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района / В.В. Ишков, Е.С. Козий // Збірник наукових праць національного гірничого університету. – 2013.-№41. – С. 201-208.
8. Ишков, В.В. О распределении золы, серы, марганца в угле пласта  $s_4$  шахты «Самарская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района / В.В. Ишков, Е.С. Козий // Збірник наукових

праць національного гірничого університету. – 2013.-№44. – С. 178-186.

9. Ishkov, V.V. Definite peculiarities of toxic and potentially toxic elements distribution in coal seams of pavlograd-petropavlovka region / V.V. Ishkov, E.S. Koziy, A.L. Lozovoi. – 2013. – № 42. – С. 18-23.

10. Козій, Є.С. О распределении As, Hg, Be, F и Mn в угле пласта с<sub>4</sub> шахты «Самарская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района / Молодь, наука та інновації: тези доповіді Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. – Дніпро, 2016. – С. 12-13.

11. Koziy, E.S. About distribution of Co, Ni, Pb, Cr and V in coal layer с<sub>4</sub> of mine «Samarskaya» of Pavlograd-Petropavlovsk geological and industrial district / Widening our horizons: International Forum for Students and Young Researchers. – Dnipro, 2017. – С. 64.

12. Козій, Є.С. Про розподіл токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта с<sub>7</sub><sup>н</sup> шахти «Павлоградська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району / Наукова весна: тези доповіді Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. – Дніпро, 2017. – С. 2-3.

## REFERENCES

1. Ministry of Geology of the USSR (1982), Instruksiya po izucheniyu toksichnykh komponentov pri razvedke ugolnykh i slantsevykh mestorozhdeniy [Instruction for the study of toxic components in the exploration of coal and shale deposits], V.R. Kler (Ed.), Institute of the lithosphere, Moscow, USSR.

2. Ishkov, V.V., Chernobuk, A.I. and Dvoretzkiy, V.V. (2001), “About distribution of beryllium, fluor, vanadium, plumbum and chrome in products and wastes of enrichment of the Krasnolimanskaya CCF”, *Naukovyi Visnyk NGAU*, no.5, pp. 84-86.

3. Ishkov, V.V., Chernobuk, A.I. and Mihalchonok, D.Ya. (2001), “About distribution of beryllium, fluor, vanadium, plumbum and chrome in products and wastes of enrichment of the Dobropolskaya CCF”, *Naukovyi Visnyk NGAU*, no. 4, pp. 89-90.

4. Ishkov, V.V. (1999), “Geochemistry problems of «small» and toxic elements in coal of Ukraine”, *Naukovyi Visnyk NGAU*, no. 1, pp. 128-132.

5. Ishkov, V.V. and Lozovoy, A.L. (2001), “About regularity of distribution of toxic and potentially toxic elements in coal layers of Pavlograd-Petropavlovsk district”, *Naukovyi Visnyk NGAU*, no.2, pp. 57-61.

6. 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-Petropavlovsk geological-industrial region”, *Naukovyi Visnyk NMU*, no.38, pp. 19-27.

7. Ishkov, V.V. and Koziy, E.S (2013) “New date about distribution of toxic and potentially toxic elements in coal layer с<sub>6н</sub> of mine “Ternovskaya” of Pavlograd-Petropavlovsk geological and industrial district”, *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, no.41, pp. 201-208.

8. Ishkov, V.V. and Koziy, E.S (2013) “About distribution of ash, sulfur, manganese in coal layer с<sub>4</sub> of mine «Samarskaya» of Pavlograd-Petropavlovsk geological and industrial district, *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, no.44, pp. 178-186.

9. Ishkov, V.V., Koziy, E.S. and Lozovoy, A.L. (2013) “Definite peculiarities of toxic and potentially toxic elements distribution in coal seams of pavlograd-petropavlovka region”, *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, no.42, pp.18-23.

10. Ishkov, V.V. and Koziy, E.S. (2016) “About distribution of As, Hg, Be, F and Mn in coal layer с<sub>4</sub> of mine «Samarskaya» of Pavlograd-Petropavlovsk geological and industrial district”, *Molod, nauka ta innovatsii: Vseukrainska naukovo-tekhnichna konferentsiia studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh*, pp.12-13.

11. Ishkov, V.V. and Koziy, E.S. (2017) “About distribution of Co, Ni, Pb, Cr and V in coal layer с<sub>4</sub> of mine «Samarskaya» of Pavlograd-Petropavlovsk geological and industrial district”, *Widening our horizons: International Forum for Students and Young Researchers*, pp. 64.

12. Ishkov, V.V. and Koziy, E.S. (2017) “About distribution of toxic and potentially toxic elements in coal layer с<sub>7</sub><sup>н</sup> of mine «Pavlogradskaya» of Pavlograd-Petropavlovsk geological and industrial district”, *Naukova vesna: Vseukrainska naukovo-tekhnichna konferentsiia studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh*, pp. 2-3.

## Про авторів

**Ишов Валерій Валерійович**, кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент, завідувач кафедри Мінералогії та петрографії, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (Державний ВНЗ «НГУ»), Дніпро, Україна, ish-w@yandex.ua

**Козій Євген Сергійович**, інженер, заступник директора Навчально-наукового центру підготовки іноземних громадян, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (Державний ВНЗ «НГУ»), Дніпро, Україна, [koziyes@nmu.org.ua](mailto:koziyes@nmu.org.ua)

### About authors

**Ishkov Valeriy Valeryevych**, Candidate of geological-mineralogical sciences, assistant professor, head of department of mineralogy and petrology, State Higher Educational Institution "National Mining University" (State HEI «NMU»), Dnipro, Ukraine, [ish-w@yandex.ua](mailto:ish-w@yandex.ua)

**Koziy Evgeniy Sergeevich**, Master of Science, Deputy director of Educational and scientific center for training of foreign citizens, State Higher Educational Institution "National Mining University" (State HEI «NMU»), Dnipro, Ukraine, [koziyes@nmu.org.ua](mailto:koziyes@nmu.org.ua)

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности распределения токсичных и потенциально токсичных элементов (ТиПТЭ) в угле пласта  $c_{10}^B$  шахты «Днепровская».

Цель работы – установить закономерности в распределении ТиПТЭ в угле пласта  $c_{10}^B$  поля шахты «Днепровская» Павлоградского-Петропавловского геолого-промышленного района Донбасса.

В результате выполненных исследований построены карты изоконцентрат ТиПТЭ и карты региональной составляющей их содержания по площади шахтного поля. Рассчитаны линейные уравнения регрессии между концентрациями токсичных и потенциально токсичных элементов и основными технологическими параметрами угля.

Анализируя результаты статистической обработки геохимической информации по пласту  $c_{10}^B$  поля шахты «Днепровская» можно установить, что формирование ассоциации кобальта, никеля, ванадия, свинца, хрома и марганца связано с обогащением этими элементами приконтактных зон пласта и генетически обусловлено влиянием адсорбционного и окислительно-восстановительного барьеров на миграцию вещества в процессе диагенеза и катагенеза угленосной толщи. Был сделан вывод, что бериллий является единственным элементом, преимущественно связанным с органической составляющей угля. Геохимическая 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, которые оказывают существенное влияние на особенности распределения ТиПТЭ в угле пласта  $c_{10}^B$ .

**Ключевые слова:** токсичные и потенциально токсичные элементы, угольный пласт, карты изоконцентрат, карты региональной составляющей, линейные уравнения регрессии.

**Abstract.** Peculiarities of toxic and potentially toxic elements (TaPTE) distribution in the coal layer  $c_{10}^B$  in the Dniprovskaya Mine are considered in the article.

Objective of the research - to establish regularities the of TaPTE distribution in the coal layer  $c_{10}^B$  in Dniprovskaya Mine of Pavlograd-Petrodavlovsk geological and industrial region of Donbass.

As a result of the study, maps of the TaPTE isoconcentrates and maps of regional component of their content along the area of the mine field were made. Linear equations were calculated for regression between the toxic and potentially toxic element concentrations and the main technological parameters of coal.

By analyzing the results of statistical processing of geochemical information and geological and structural characteristics of the layer  $c_{10}^B$  in the Dnsprovskaya Mine field, it is possible to state that formation of association of cobalt, nickel, vanadium, lead, chrome and manganese is connected with enrichment of the coal-layer contact zones by these elements and genetically is explained by impact of the adsorption and reduction-oxidation barriers on the substance migration during the coal-seam diagenesis and katagenesis. It is concluded that beryllium is the only element, which is basically associated with organic component of coals. The geochemical association of mercury and arsenic is explained by their genetic association with the sulfide mineralization of the tectonic fractured zones.

The key scientific value of the findings is determination of genetic causes that have a significant effect on the TaPTE distribution in coal layer of  $c_{10}^B$ .

**Key words:** toxic and potentially toxic elements, coal layer, isoconcentrate maps, regional component maps, linear equation of regression

*Статья поступила в редакцию 24.05.2017*

*Рекомендовано к печати д-ром техн. наук, проф. С.П. Минеевым*