

УДК 553.94:550.428

**Козій Є.С.**, магістр  
(Державний ВНЗ «НГУ»)

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ТОКСИЧНИХ І ПОТЕНЦІЙНО  
ТОКСИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ВУГІЛЛІ ПЛАСТА C<sub>10</sub><sup>B</sup> ШАХТИ  
«СТАШКОВА» ПАВЛОГРАДСЬКО-ПЕТРОПАВЛІВСЬКОГО ГЕОЛОГО-  
ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ**

**Козий Е.С.**, магистр  
(Государственное ВУЗ «НГУ»)

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ И  
ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УГЛЕ ПЛАСТА C<sub>10</sub><sup>B</sup>  
ШАХТЫ «СТАШКОВА» ПАВЛОГРАДСКО-ПЕТРОПАВЛОВСКОГО  
ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА**

**Koziy E.S.**, M.S. (Tech.),  
(State HEI «NMU»)

**PECULIARITIES OF DISTRIBUTION OF TOXIC AND POTENTIALLY  
TOXIC ELEMENTS IN THE COAL OF THE LAYER C<sub>10</sub><sup>B</sup> IN THE  
STASHKOV MINE OF PAVLOGRAD-PETROPAVLOVSK GEOLOGICAL  
AND INDUSTRIAL DISTRICT**

**Анотація.** У статті розглянуто особливості розподілу токсичних і потенційно токсичних елементів (ТіПТЕ) у вугіллі пласта c<sub>10</sub><sup>B</sup> шахти імені М.І. Сташкова.

Мета роботи - встановити закономірності в розподілі ТіПТЕ у вугіллі пласта c<sub>10</sub><sup>B</sup> поля шахти імені М.І. Сташкова Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу.

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

Аналізуючи результати статистичної обробки геохімічної інформації по пласту c<sub>10</sub><sup>B</sup> поля шахти імені М.І. Сташкова можна встановити, що формування асоціації кобальту, нікелю, ванадію, свинцю, хрому та марганцю пов'язано із збагаченням цими елементами приконтативних 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 c<sub>10</sub><sup>B</sup>.

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

**Вступ.** Поле шахти імені М. І. Сташкова розташоване в межах Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Західного Донбасу і адміністративно відноситься 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) в добуваємії шахтами гірській масі та відходах видобутку і вуглезбагачення. Особлива актуальність даної проблеми визначається Законом України «Про надра», постановами Кабінету Міністрів України № 22 від 30.09.1995 р та № 688 від 28.06.1997 р, а також нормативними документами ДКЗ [1].

**Останні досягнення.** Співробітниками ДВНЗ «НГУ» В.В. Ішковим спільно з А.І. Чорнобуком, Д.Я. Михальчонком, В.В. Дворецьким і А.Б. Москаленко [2-4] досліджені особливості розподілу деяких ТіПТЕ в продуктах і відходах збагачення ряду вуглезбагачувальних фабрик Донбасу. В.В. Ішковим спільно з Є.С. Козій [5,6] розглянуто особливості розподілу ТіПТЕ у вугіллі пластів деяких шахт Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Західного Донбасу. І.І. Курмельовим вивчалась геохімія вуглевмісних порід Чистяково-Сніжнянського геолого-промислового району Донбасу [7]. А.Г. Дворников займався вивченням ртутності вугілля Донецького басейну [8]. Також токсичним елементам посвячено багато робіт Горового А.Ф. і Горової Н.А. [9,10]. У той же час, розгляд і аналіз розподілу ТіПТЕ у вугіллі пласта  $c_{10}^B$  шахти імені М. І. Сташкова Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району раніше не виконувався.

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

**Методика досліджень.** Розгляд розподілу ТіПТЕ в геологічних об'єктах різного характеру і масштабу є необхідною умовою 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  $i(C_i)$  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. В ході побудови карт, графіків і розрахунку коефіцієнтів кореляції всі значення ТiПТЕ нормувались за формулою

$$X_{\text{норм}} = (X_i - X_{\text{min}}) / (X_{\text{max}} - X_{\text{min}}).$$

Нормування здійснювалося для приведення вибірки до одного масштабу незалежно від одиниць виміру.

**Виклад основного матеріалу. Закономірності зміни вмісту миш'яку.** Вміст As у вугіллі пласта (рис. 1) змінюється в діапазоні від 6,31 г/т до 40,41 г/т і не пов'язаний з напрямком падіння, глибиною та потужністю вугільного пласта, концентрацією золи вугілля.

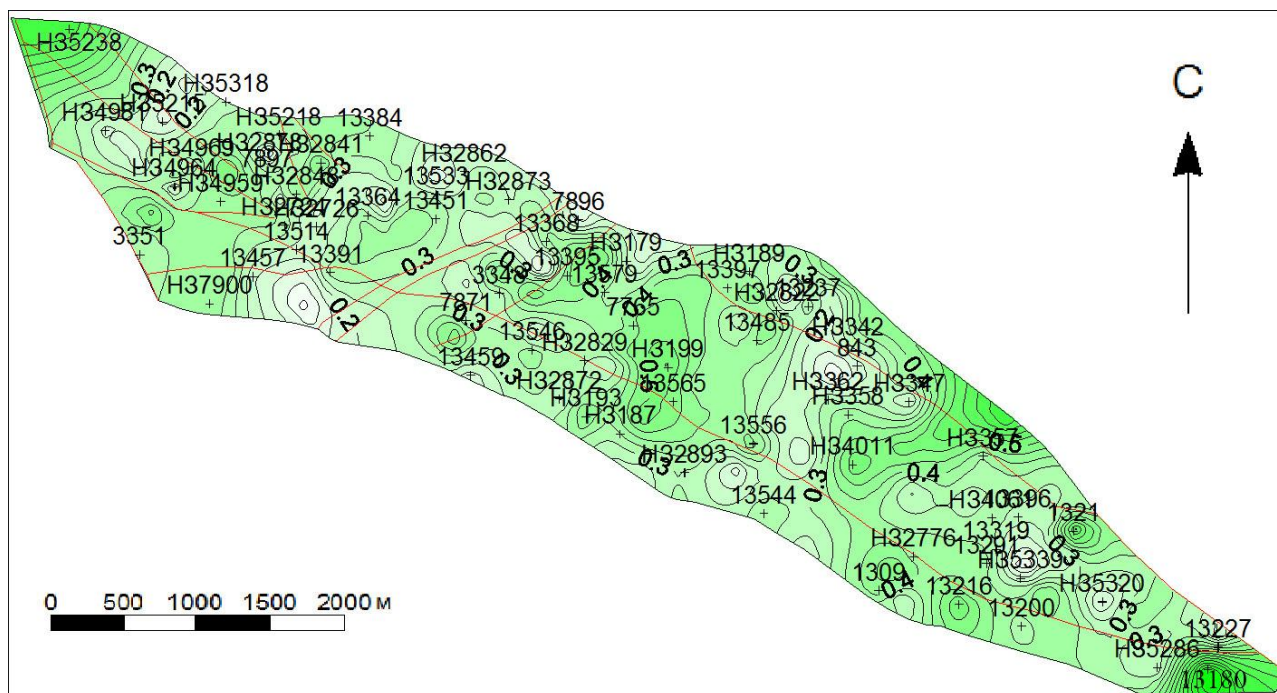


Рисунок 1 - Карта ізоконцентрат нормованого вмісту As у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

Середнє значення вмісту миш'яку по пласту складає 17,27 г/т. Найбільші

значення вмісту As знаходяться в південно-східній частині шахтного поля. Вони приурочені до свердловин №13247 і №13180.

Карта зміни регіональної складової концентрації As (рис. 2) показує збільшення його вмісту у вугіллі пласта  $c_{10}^B$  в південно-східному напрямку. Миш'як формує геохімічну асоціацію із ртуттю ( $r = 0,81$ ) та пов'язаний із вмістом у вугіллі сірки загальної ( $r = 0,89$ ). Лінійні рівняння регресії:

$$As = 0,0626 + 0,7174 \times Hg;$$

$$As = 0,1267 + 0,7734 \times S_{\text{заг.}}$$

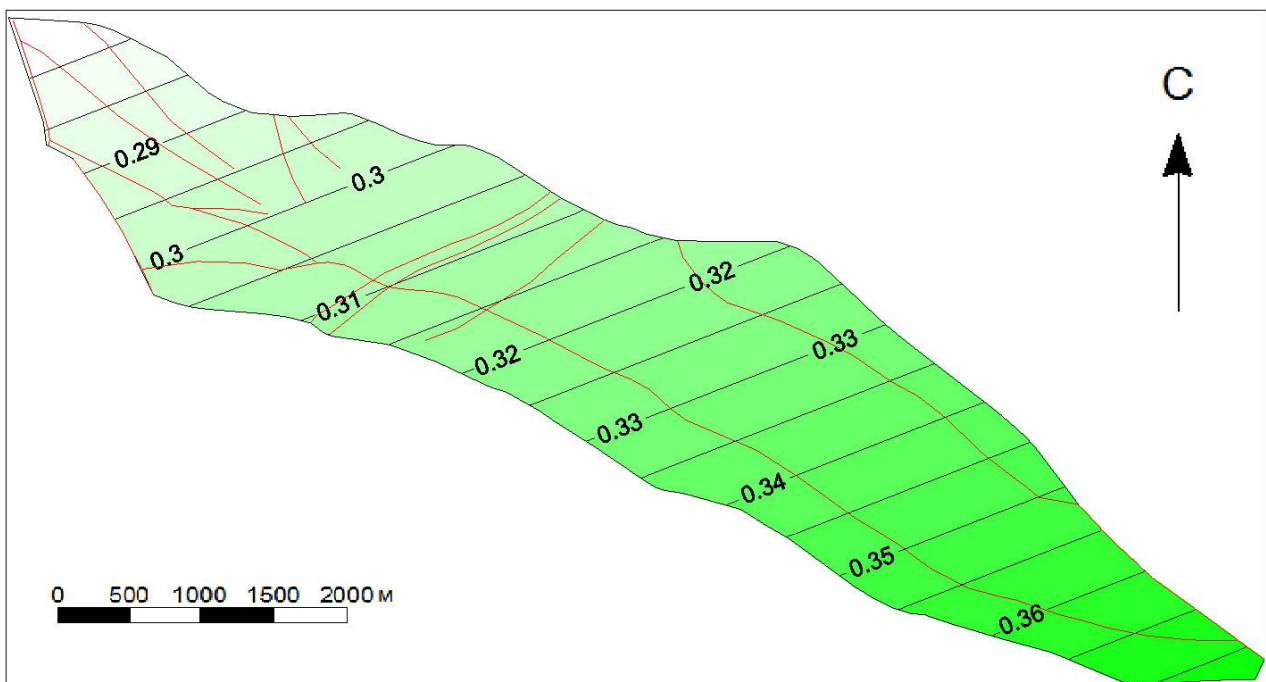


Рисунок 2 - Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації As у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

**Закономірності зміни вмісту берилію.** Вміст концентрації Be у вугіллі пласта коливається від 2,27 г/т до 4,67 г/т (рис. 3), при середньому значенні - 3,87 г/т. Найбільша локація вмісту берилію знаходиться на південному сході шахтного поля на ділянці свердловини №13353. Концентрація Be не залежить від глибини, потужності пласта та вмісту загальної сірки у вугіллі.

Регіональна складова вмісту цього елемента збільшується в південно-західному напрямку (рис. 4).

Просліджується тісний зворотний статистичний зв'язок між вмістом Be і золою ( $r = -0,83$ ). Лінійні рівняння регресії:

$$Be = 0,8697 - 1,005 \times A^d$$

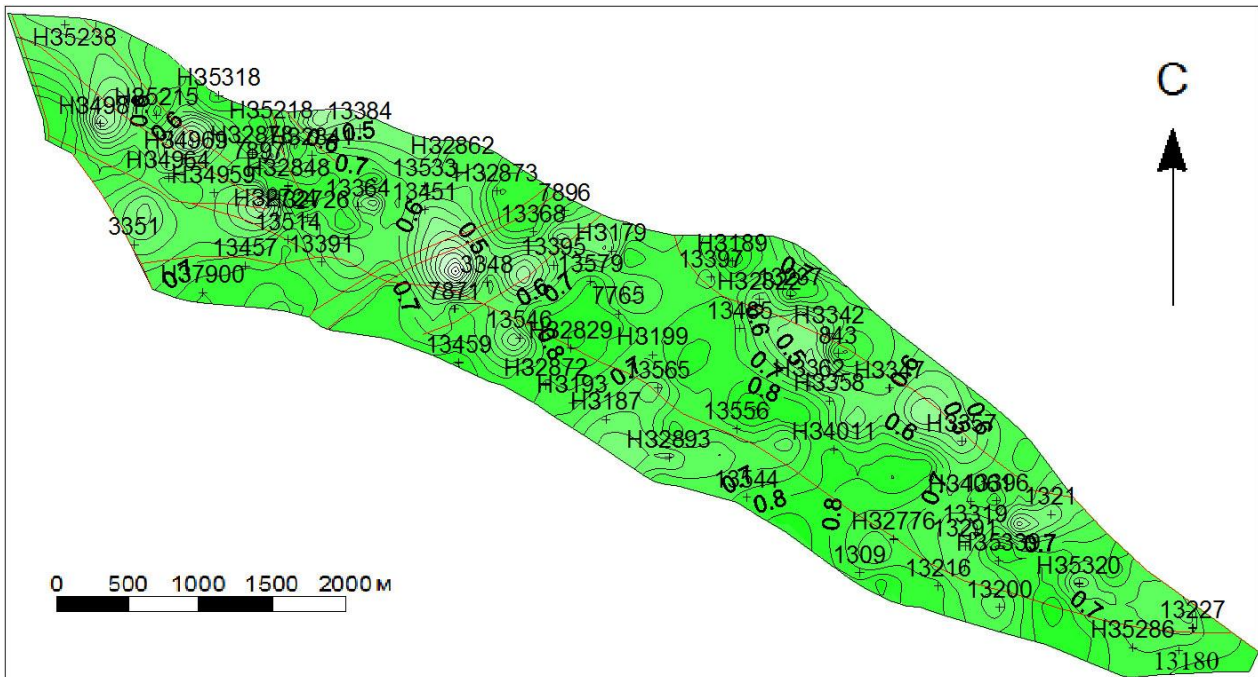


Рисунок 3 - Карта ізоконцентрат нормованого вмісту Ве у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

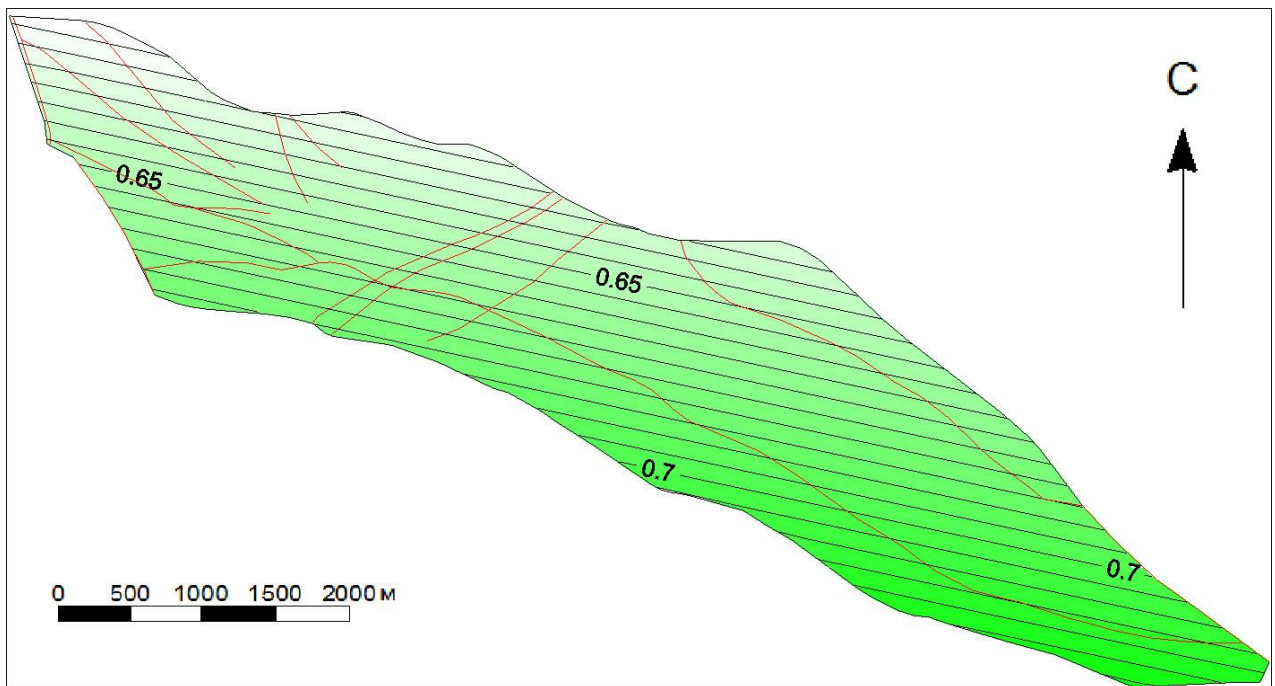


Рисунок 4 - Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації Ве у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

**Закономірності зміни вмісту кобальту.** Коливання концентрації кобальту у вугіллі пласта складає від 9,3 г/т до 31,57 г/т (рис. 5). Середнє значення концентрації кобальту по пласту складає 14,76 г/т. Максимальна локація цього елемента встановлена в центральній частині шахтного поля на ділянці свердловин №Н32831 і №13485. Концентрація  $Co$  не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту  $Co$  зростає в північ-

но-західному напрямку (рис. 6).

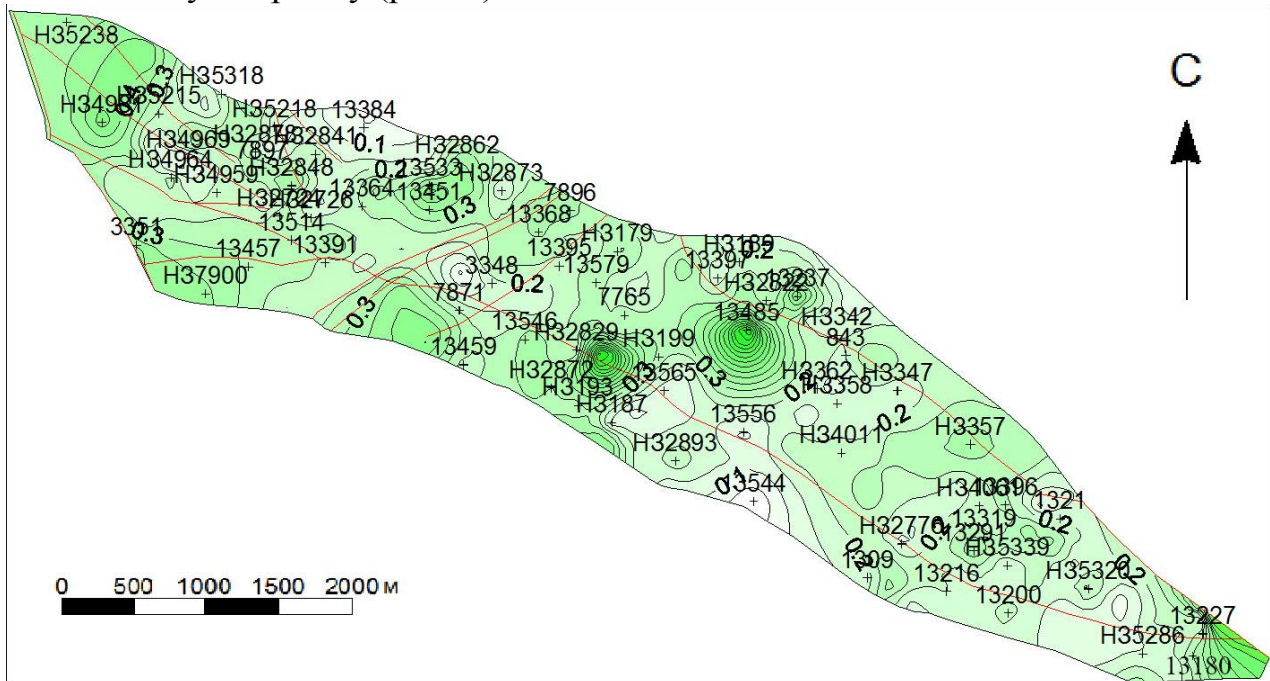


Рисунок 5 - Карта ізоконцентрат нормованого вмісту Co у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

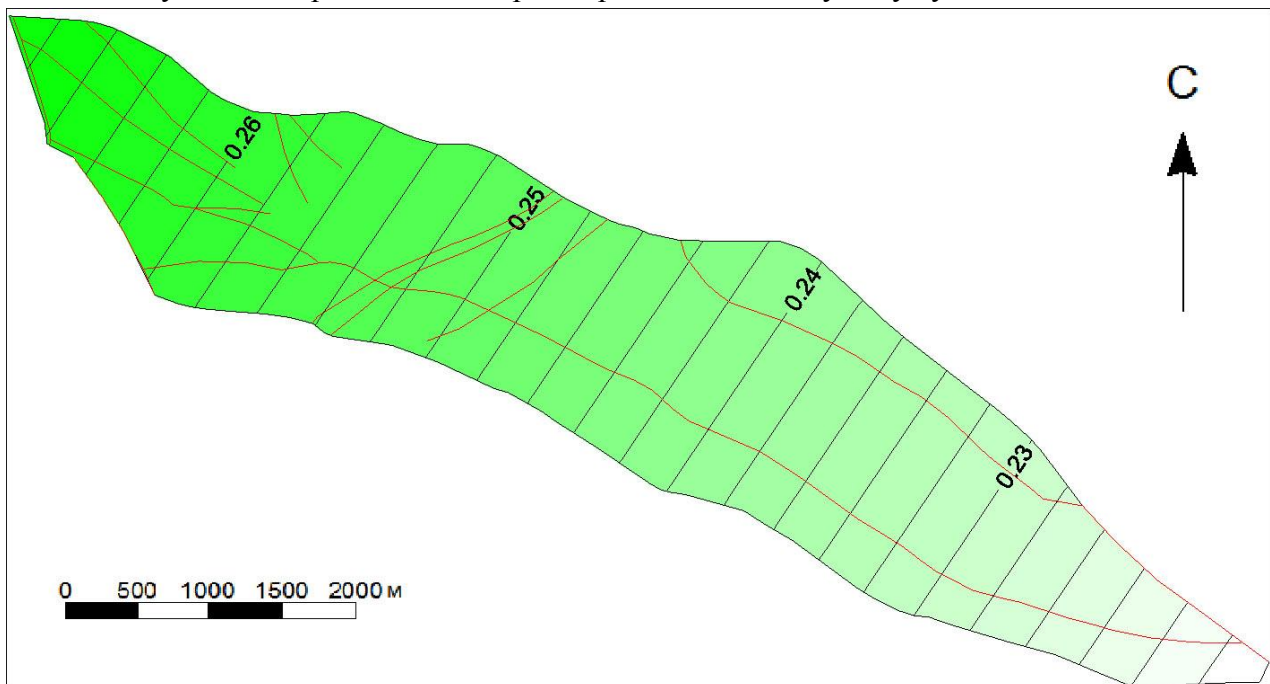


Рисунок 6 - Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації Co у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

Встановлено тісний зворотній зв'язок між вмістом кобальту і потужністю вугільного пласта ( $r = -0,69$ ), тісний прямий зв'язок з кумуляцією марганцю ( $r=0,66$ ), нікелю ( $r = 0,73$ ), свинцю ( $r = 0,74$ ), хрому ( $r = 0,72$ ), ванадію ( $r = 0,76$ ). Лінійні рівняння регресії:

$$Co = 0,6099 - 0,6884 \times m; \quad Co = 0,0167 + 0,6431 \times Mn; \quad Co = -0,0757 + 0,8738 \times Ni;$$

$$Co = -0,0354 + 0,857 \times Pb; \quad Co = 0,0209 + 0,7489 \times Cr; \quad Co = 0,0083 + 0,8301 \times V.$$

**Закономірності зміни вмісту марганцю.** Кумуляція марганцю варіює від 50,29 г/т до 184,53 г/т (рис. 7). Середнє значення вмісту марганцю по пласту складає 97,93 г/т. Найбільша його локація приурочена до ділянки пласту біля свердловин №Н32831, яка знаходиться в центральній частині шахтного поля. Концентрація Mn не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та золи у вугіллі.

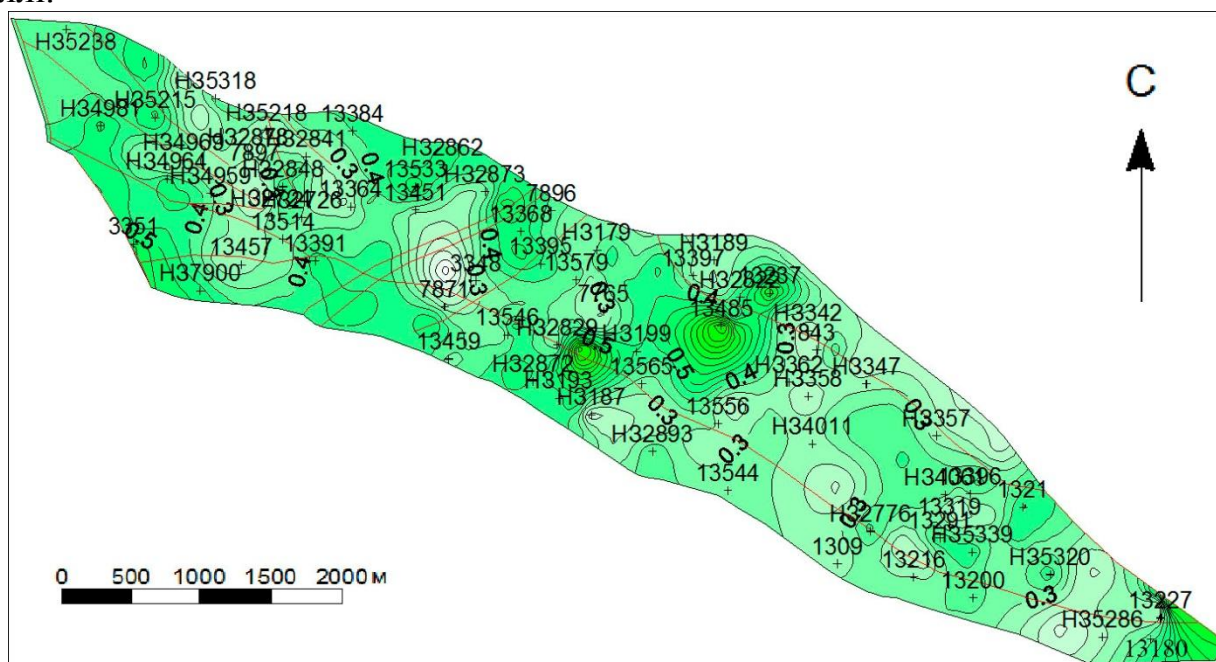


Рисунок 7 - Карта ізоконцентрат нормованого вмісту Mn у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

Регіональна складова вмісту цього елемента зростає в північно-західному напрямку (рис. 8).

Виявлено тісний зворотній зв'язок між вмістом марганцю і потужністю вугільного пласта ( $r = -0,69$ ), тісний прямий зв'язок з концентрацією кобальту ( $r=0,66$ ), нікелю ( $r = 0,69$ ), свинцю ( $r = 0,72$ ), хрому ( $r = 0,72$ ), ванадію ( $r = 0,72$ ). Лінійні рівняння регресії:

$$Mn = 0,7748 - 0,7873 \times m; \quad Mn = 0,1873 + 0,6844 \times Co; \quad Mn = 0,0392 + 0,8603 \times Ni;$$

$$Mn = 0,0732 + 0,8612 \times Pb; \quad Mn = 0,1254 + 0,7672 \times Cr; \quad Mn = 0,1233 + 0,8123 \times V.$$

**Закономірності зміни вмісту нікелю.** Концентрація нікелю коливається в межах від 5,29 г/т до 54,13 г/т (рис. 9). Середнє значення по пласту складає 23,21 г/т. Ділянка з найбільшою локацією нікелю знаходиться в південно-східній частині шахтного поля біля свердловини №1313. Вміст Ni не залежить від глибини, концентрації загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту цього елемента зростає південно-західному напрямку (рис. 10).

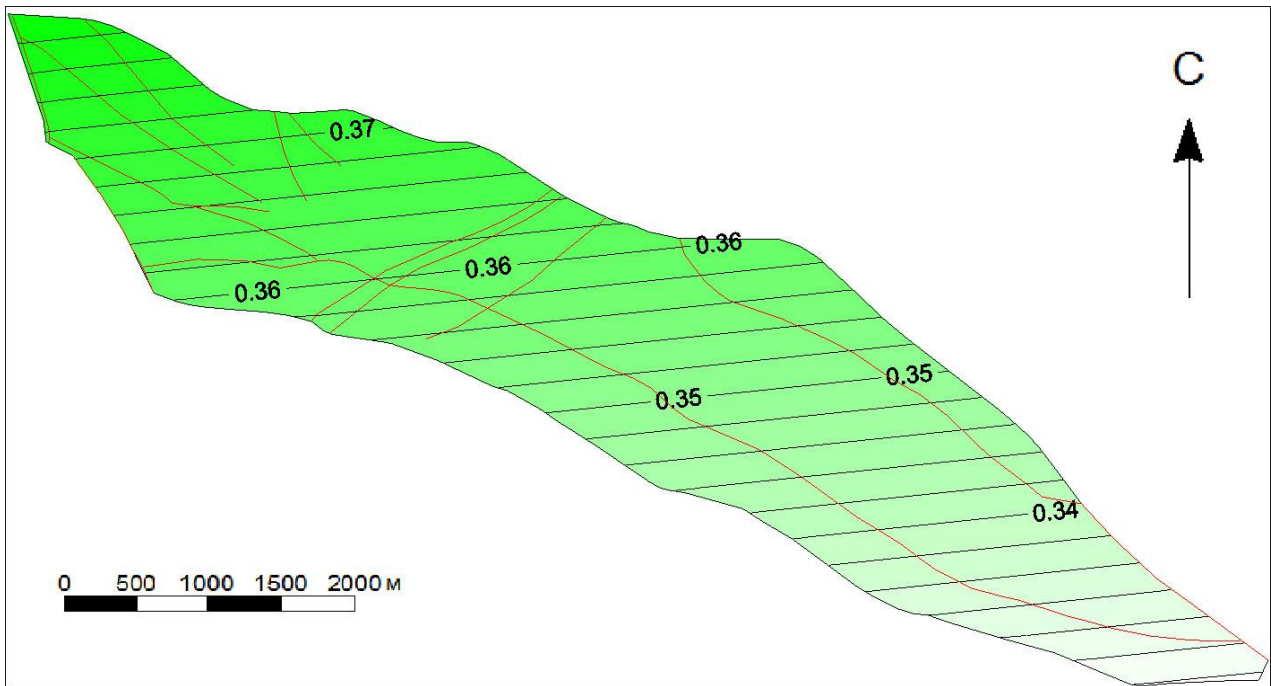


Рисунок 8 - Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації Mn у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

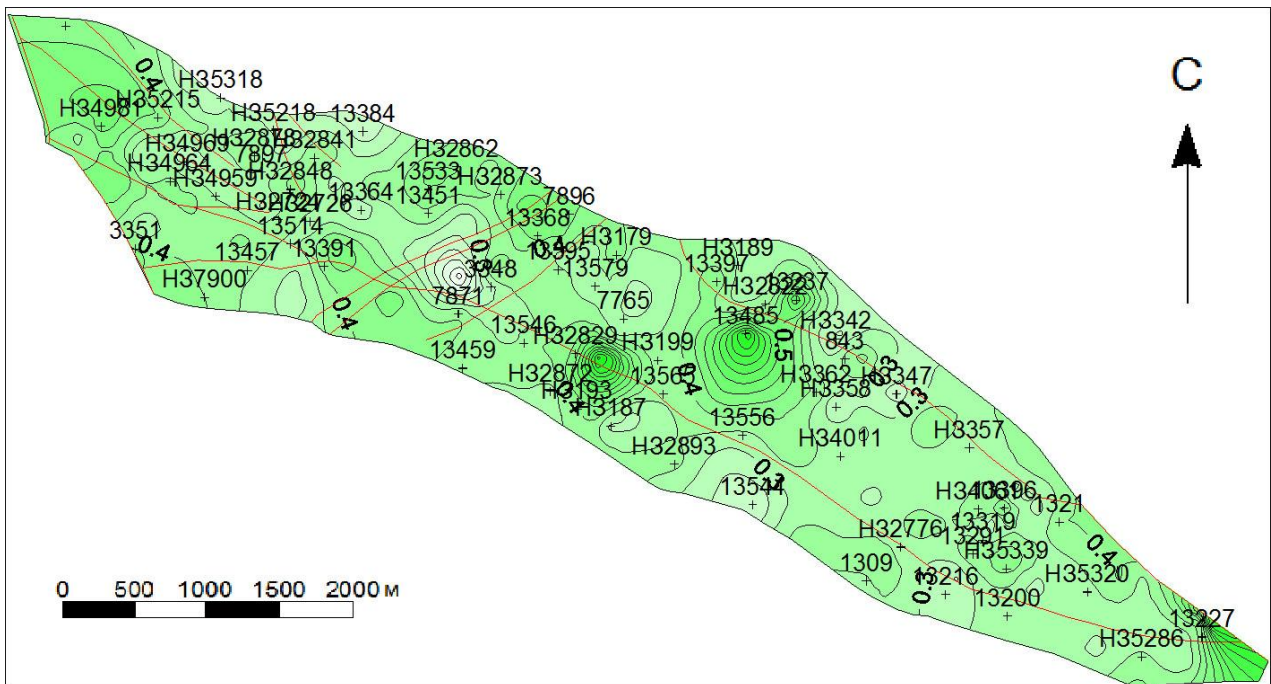


Рисунок 9 - Карта ізоконцентрат нормованого вмісту Ni у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

Встановлено тісний зворотній зв'язок між вмістом нікелю і потужністю вугільного пласта ( $r = -0,75$ ), тісний прямий зв'язок з концентрацією кобальту ( $r=0,73$ ), марганцю ( $r = 0,69$ ), свинцю ( $r = 0,78$ ), хрому ( $r = 0,76$ ), ванадію ( $r = 0,77$ ). Лінійні рівняння регресії:

$$Ni=0,6931-0,6145 \times m; \quad Ni=0,2193+0,6027 \times Co; \quad Ni=0,169+0,5576 \times Mn;$$



$$Ni=0,1218+0,7493 \times Pb; \quad Ni=0,1707+0,656 \times Cr; \quad Ni=0,169+0,6942 \times V.$$

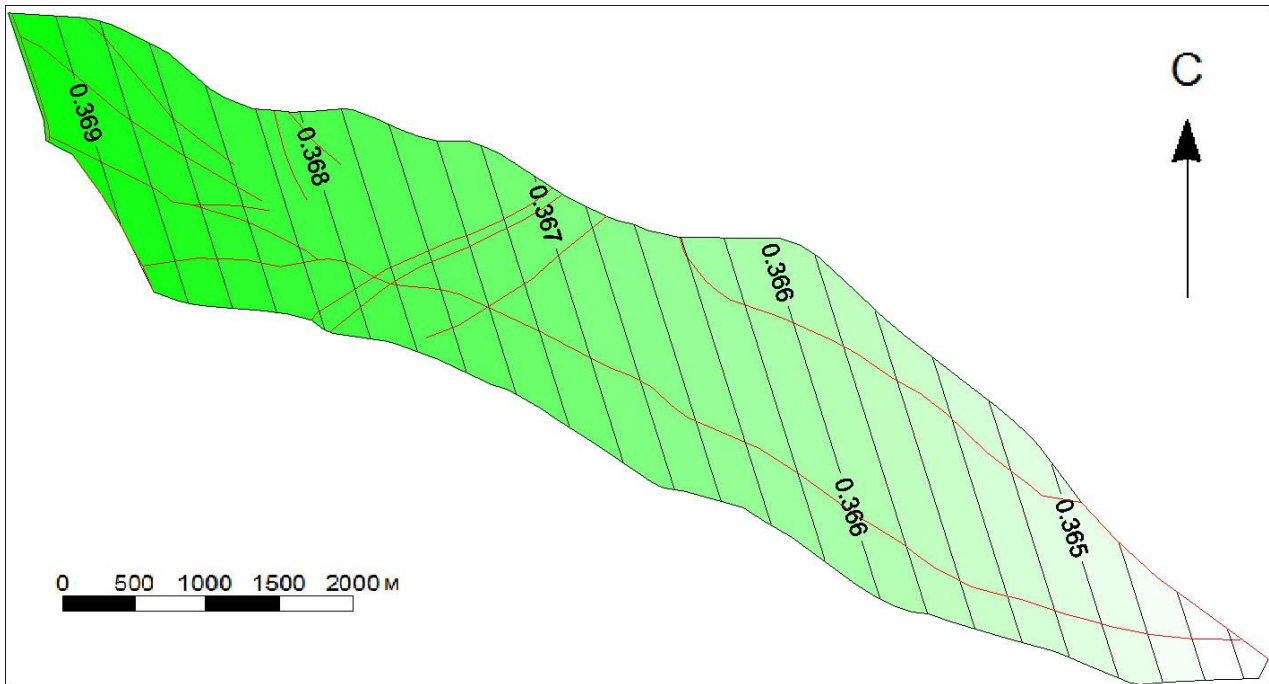


Рисунок 10 - Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації Ni у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

**Закономірності зміни вмісту ртуті.** Вміст Hg варіює в межах від 0,014 г/т до 0,54 г/т (рис. 11).

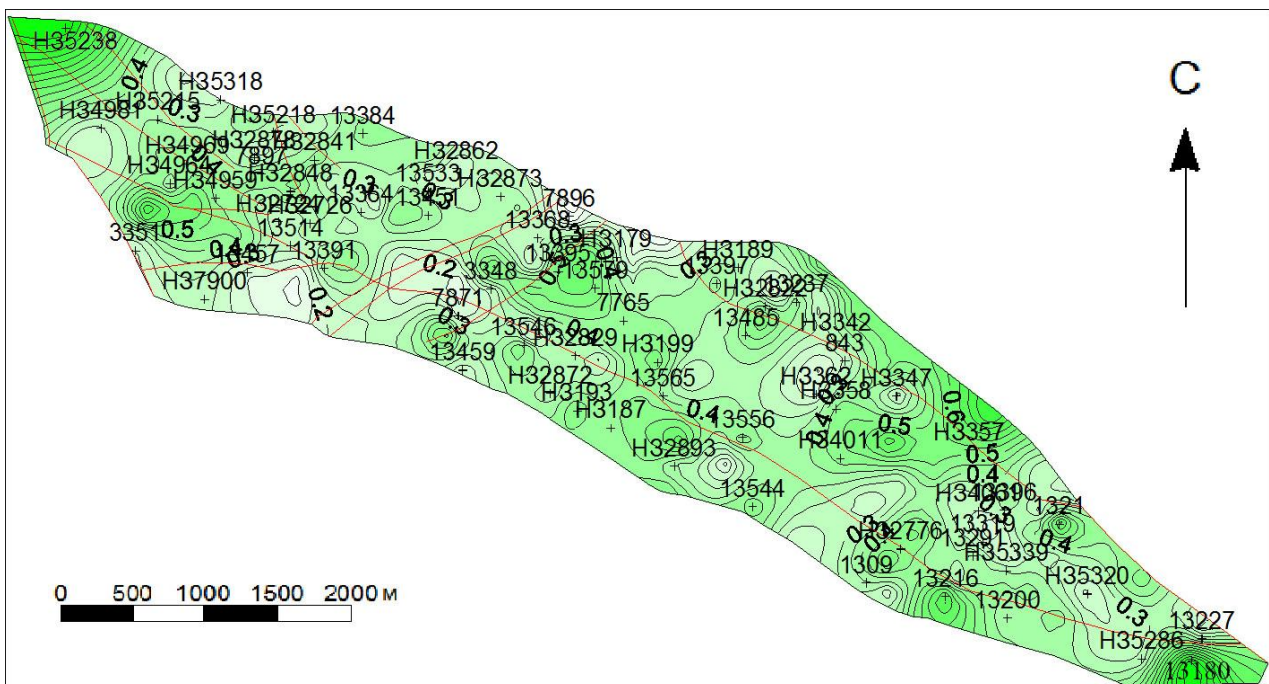


Рисунок 11 - Карта ізоконцентрат нормованого вмісту Hg у вугіллі пласта  $c_{10}^B$   
Середнє значення по пласту складає 0,2 г/т. Найбільші кумуляції Hg знахо-

дяться в крайній північно-західній №Н35238 і південно-східній частині шахтного поля свердловини №13247 і №13180. Концентрація Hg не залежить від глибини, потужності пласта та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту цього елемента зростає в південно-східному напрямку (рис.12).

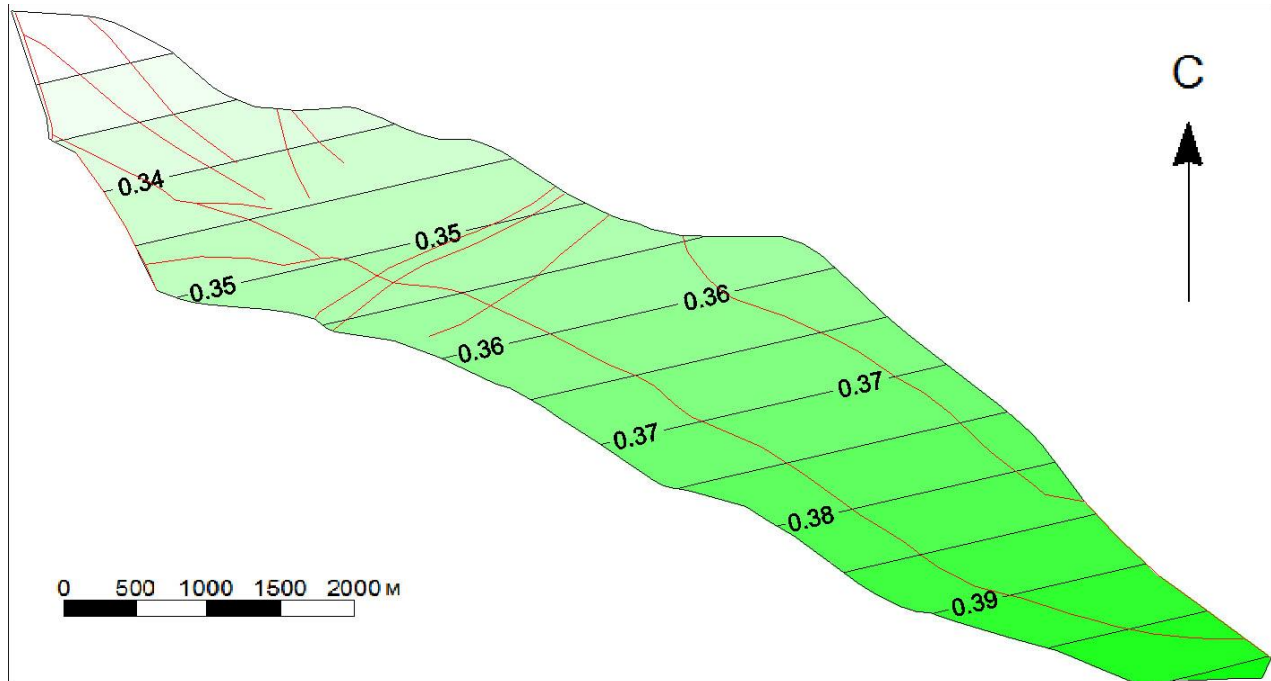


Рисунок 12 - Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації Hg у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

Встановлено тісний прямий зв'язок між вмістом ртуті і сірки загальної у вугіллі пласта ( $r = 0,89$ ) та з концентрацією миш'яку ( $r=0,81$ ). Лінійні рівняння регресії:

$$\text{Hg} = 0,1332 + 0,8936 \times S_{\text{заг.}}$$

$$\text{Hg} = 0,0676 + 0,9124 \times \text{As}$$

**Закономірності зміни вмісту свинцю.** Концентрація свинцю в межах пласта змінюється від 3,59 г/т до 16,59 г/т. Середнє значення по пласту складає 7,84 г/т. Найбільша локація встановлена в центральній частині шахтного поля на ділянці свердловини №13485 (рис. 13).

Кумуляція Pb не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту Pb зростає в напрямку падіння пласта в північно-східному напрямку (рис. 14).

Встановлено тісний зворотній зв'язок між вмістом свинцю і потужністю вугільного пласта ( $r = - 0,78$ ), тісний прямий зв'язок з кумуляцією марганцю ( $r=0,72$ ), нікелю ( $r = 0,78$ ), кобальту ( $r = 0,74$ ), хрому ( $r = 0,79$ ), ванадію ( $r = 0,81$ ). Лінійні рівняння регресії:

$$\text{Pb} = 0,6626 - 0,6332 \times m; \quad \text{Pb} = 0,1122 + 0,6056 \times \text{Mn}; \quad \text{Pb} = 0,0288 + 0,8131 \times \text{Ni};$$

$$Pb=0,17+0,6414 \times Co; \quad Pb=0,1137+0,7134 \times Cr; \quad Pb=0,1096+0,7627 \times V.$$

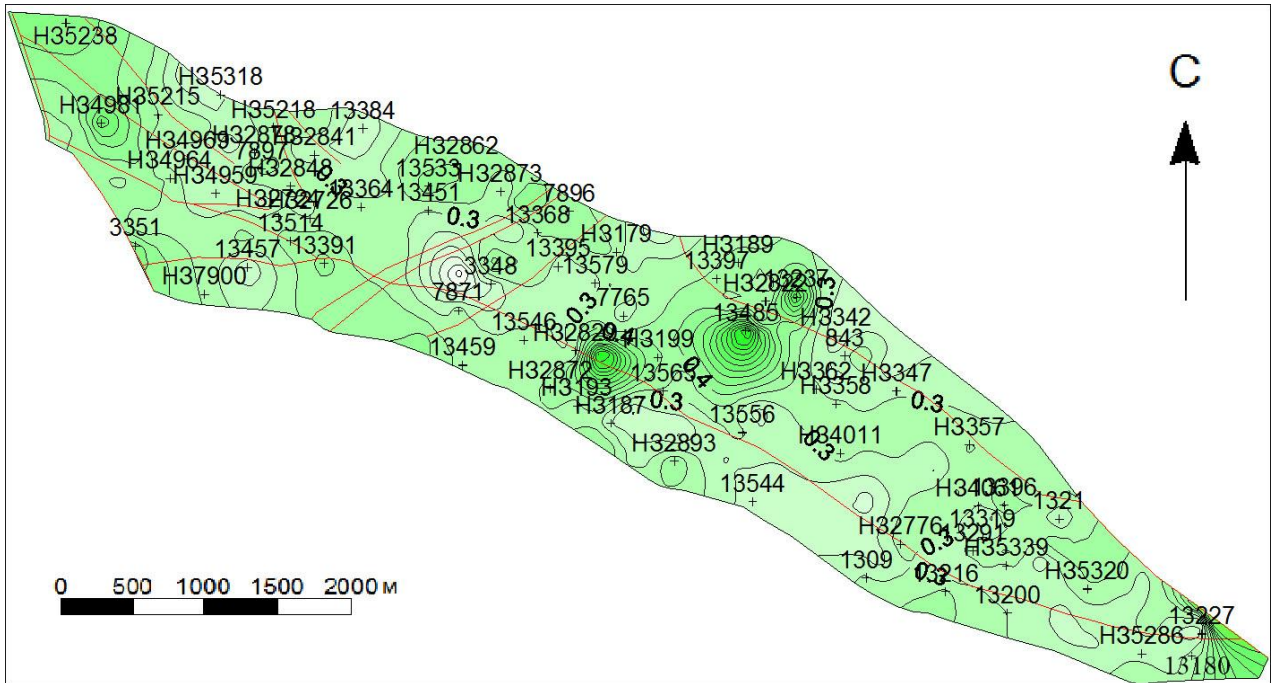


Рисунок 13 - Карта ізоконцентрат нормованого вмісту Pb у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

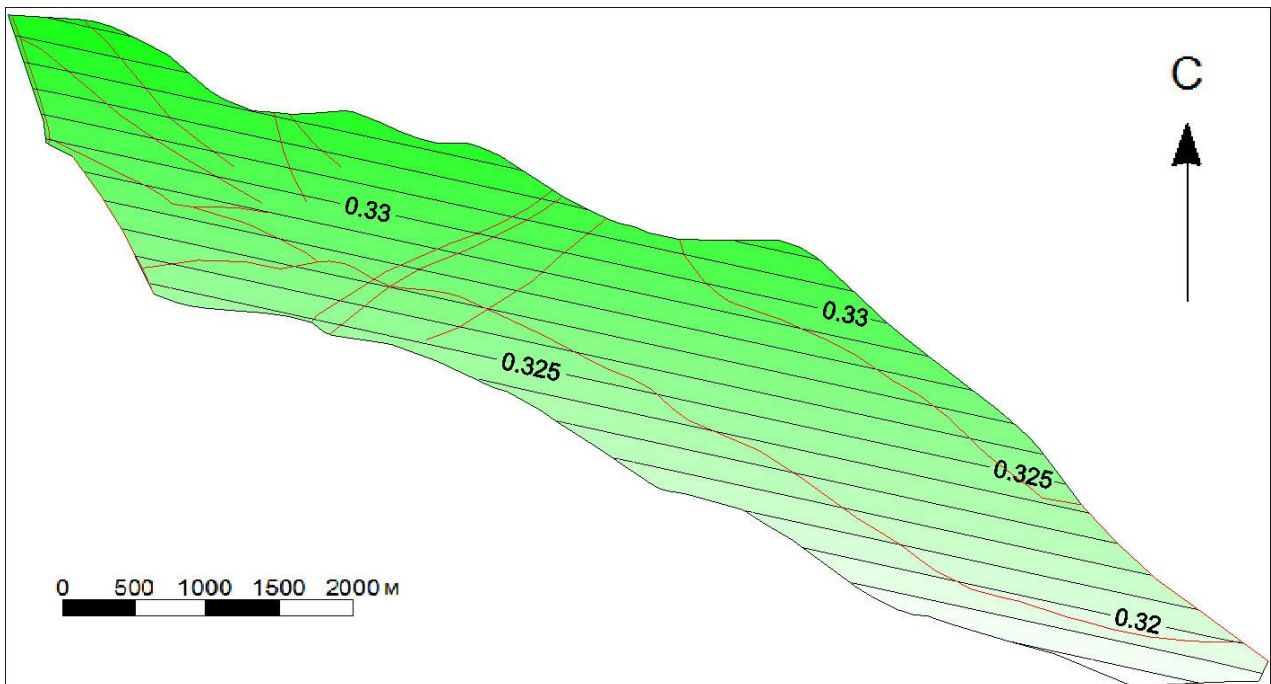


Рисунок 14 - Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації Pb у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

**Закономірності зміни вмісту хрому.** Кумуляція хрому варіює в межах від 7,29 г/т до 30,62 г/т. Середнє значення по пласту складає 14,27 г/т. Найбільше значення спостерігається в південно східній частині шахтного поля на ділянці з свердловиною №1313 (рис. 15). Концентрація Cr не залежить від глибини, вміс-

ту загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту  $C_r$  зростає по падінню пласта в північно-східному напрямку (рис. 16).

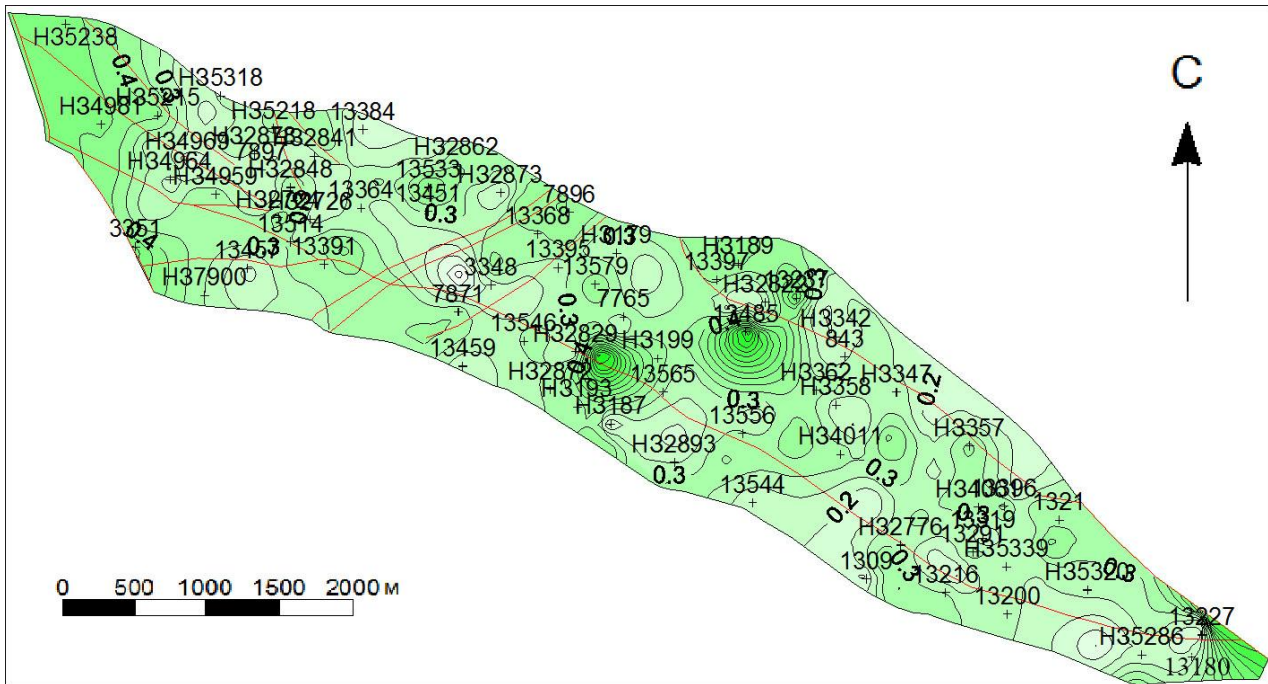


Рисунок 15 - Карта ізоконцентрат нормованого вмісту  $C_r$  у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

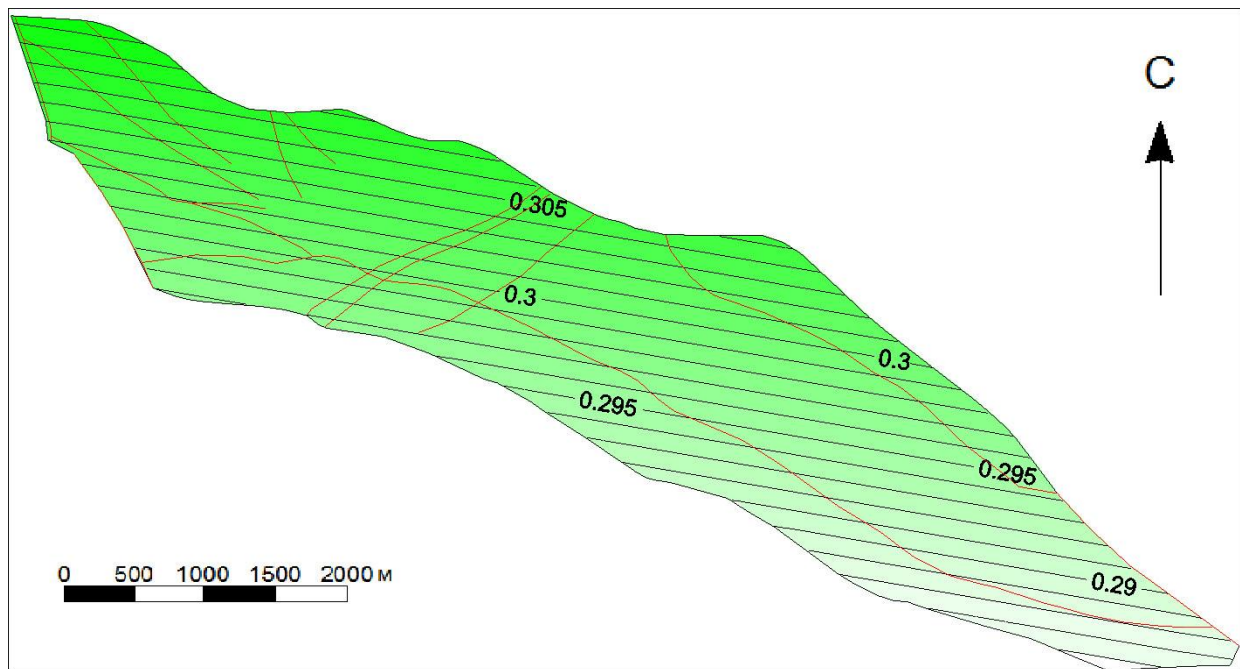


Рисунок 16 - Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації  $C_r$  у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

Встановлено тісний зворотній зв'язок між вмістом хрому і потужністю вугільного пласта ( $r = -0,75$ ), тісний прямий зв'язок з кумуляцією марганцю ( $r=0,72$ ), нікелю ( $r = 0,76$ ), свинцю ( $r = 0,79$ ), кобальту ( $r = 0,72$ ), ванадію ( $r = 0,77$ ). Лінійні рівняння регресії

$$Cr = 0,6752 - 0,7089 \times m; \quad Cr = 0,0621 + 0,6678 \times Mn; \quad Cr = -0,0242 + 0,881 \times Ni;$$

$$Cr = 0,0102 + 0,883 \times Pb; \quad Cr = 0,1292 + 0,6937 \times Co; \quad Cr = 0,069 + 0,8071 \times V.$$

**Закономірності зміни вмісту ванадію.** Вміст ванадію коливається в межах від 7,4 г/т до 52,09 г/т (рис. 17). Середнє значення по пласту складає 20,14 г/т. Ділянка з найбільшою локацією V знаходяться в центральній частині шахтного поля біля свердловини №13485. Концентрація V не залежить від глибини, концентрації загальної сірки та золи у вугіллі. Регіональна складова вмісту цього елемента зростає в північно-східному напрямку (рис. 18).

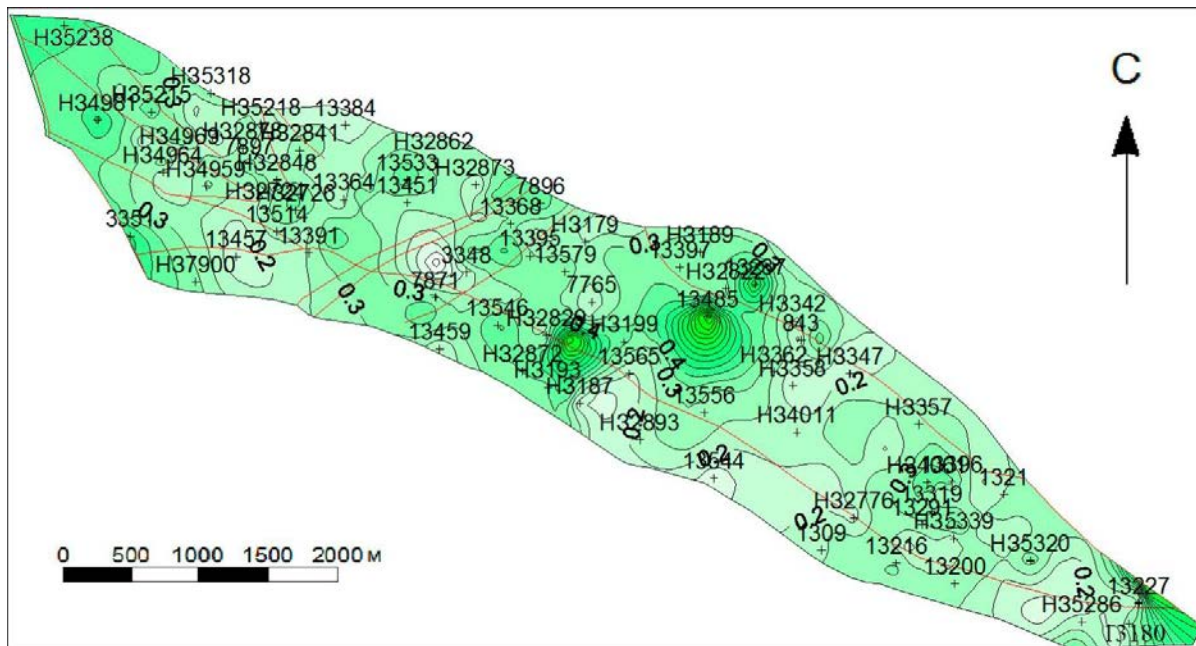


Рисунок 17 - Карта ізоконцентрат нормованого вмісту V у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

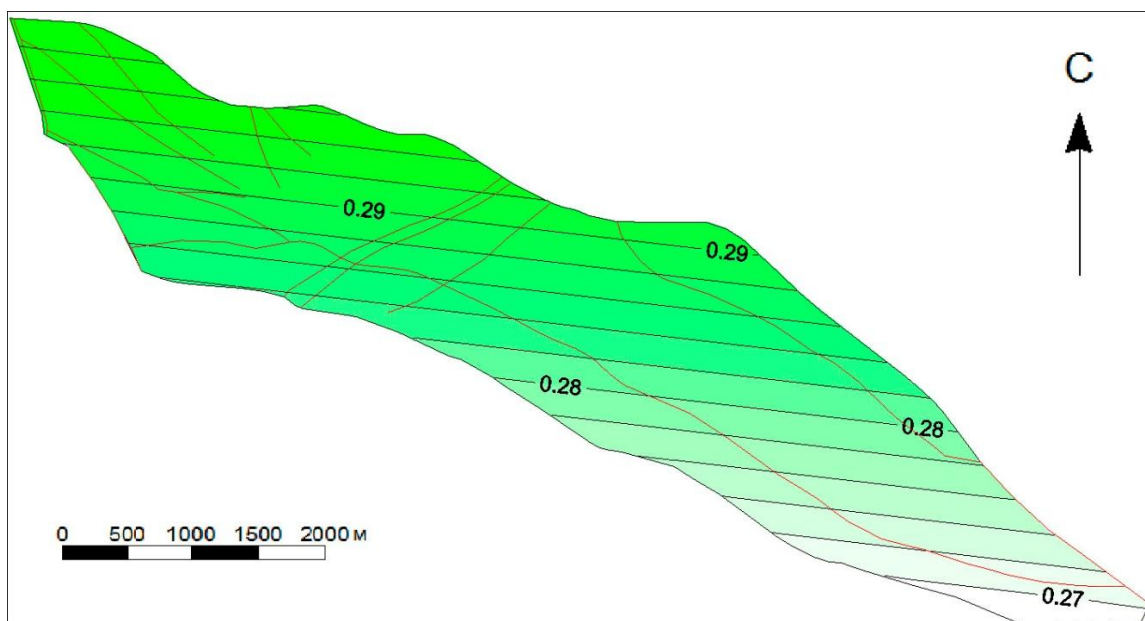


Рисунок 18 - Карта зміни регіональної складової нормованої концентрації V у вугіллі пласта  $c_{10}^B$

Встановлено тісний зворотній зв'язок між вмістом ванадію і потужністю ву-

гільного пласта ( $r = -0,80$ ), тісний прямий зв'язок з концентрацією кобальту ( $r=0,76$ ), марганцю ( $r = 0,72$ ), свинцю ( $r = 0,81$ ), хрому ( $r = 0,77$ ), нікелю ( $r = 0,77$ ). Лінійні рівняння регресії

$$\begin{aligned} V &= 0,6686 - 0,7216 \times m; & V &= 0,113 + 0,7026 \times Co; & V &= 0,0558 + 0,646 \times Mn; \\ V &= 0,003 + 0,8626 \times Pb; & V &= 0,0645 + 0,7375 \times Cr; & V &= -0,0275 + 0,8519 \times Ni. \end{aligned}$$

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

1. Спільне накопичення Co, Ni, Pb, Cr, V і Mn з утворенням геохімічної асоціації і тісний негативний зв'язок концентрацій цих елементів з потужністю вугільного пласта обумовлені їх спільним накопиченням в 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 на контактах вугільного пласта при міграції рухомих форм речовини вугленосної товщі в процесі її діагенезу та катагенезу.

2. Берилій 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  $S_{\text{заг}}$  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.

**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.

#### 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. Михальченок // 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. Козій, Є.С. Розподіл токсичних елементів по пласту  $c_8^B$  шахти Західно-Донбаська Павлоград-

сько-Петропавлівського геолого-промислового району / Є.С. Козій, В.В. Ішков, // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Форум гірників». – 2017. – С 265-275.

6. Ішков, В.В. Про розподіл токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта  $c_{10}^B$  шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу / В.В. Ішков, Є.С. Козій // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов. – ИГТМ НАН Украины. – Днепр. – 2017. – Вып.133.- С. 213 – 227.

7. Курмельов І.І. Тектоническая нарушенность и геохимическая характеристика пород Чистяково – Снежнянского геолого-промышленного района Донбасса / І.І. Курмельов // Науковий вісник НГУ. – 2013. – №136. – С 18-22.

8. Дворников А.Г. Ртутносность углей Донецкого бассейна / А.Г. Дворников –М.: Недра,1987, 180 с.

9. Горовой А.Ф. Геохимия твердых промышленных отходов предприятий Донбасса. / А.Ф Горовой // Минералогический журнал. – 2001. - №4. – С 136-142.

10. Горовой А.Ф. Токсичные элементы в углях шахтных полей угленосных районов Северного Донбасса / А.Ф Горовой, Н.А. Гороява // Наукові праці ДонНТУ. – 2002. - №54. – С 123-126.

## REFERENCES

1. Ministry of Geology of the USSR (1982), *Instruktsiya 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, p.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, p. 89-90.

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

5. Koziy, E.S., Ishkov, V.V. (2017), —Distribution of toxic elements in coal layers of  $c_8^B$  of mine «Zakhidno-Donbasska» of Pavlogradsko-Petropavlovskiy geological and industrial district”, *Forum of Mining Engineers: International Scientific and Technical Conference*, p. 265-275.

6. Ishkov, V.V., Koziy, E.S (2017), —About distribution of toxic and potentially toxic elements in coal layer  $c_{10}^B$  of mine «Dniprovska» of Pavlogradsko-Petropavlovskiy geological and industrial district”, *Geo-Technical Mechanics*, vol. 133, p.213-227.

7. Kurmelev, I.I. (2013), —Tectonic disturbances and geochemical characteristics of the breed Chistyakov-Snezhnyanskiy geological industrial district of Donbass”, *Scientific Bulletin of NMU*, no. 136, p. 18-22.

8. Dvornikov, A.G. (1987), —Mercury content of coal of Donetsk basin”, Moscow, Nedra, 180 p.

9. Horovoy, A.F., Horovaya, N.A., (2001). —Geochemistry of Solid Industrial Waste of Enterprises of Donbass”, *Mineralogical Journal*, no. 4, p. 136-142.

10. Horovoy, A.F., Horovaya, N.A., (2002). —Toxic elements in coals of mine fields of coal-bearing district of North Donbass”, *Scientific Works of DonNTU*, no. 54, p. 123-126.

## Про автора

**Козій Євген Сергійович**, магістр, 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 author

**Koziy Evgeniy Sergeevich**, Master of Science (M.S.), 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 имени Н.И. Сташкова.

Цель работы - установить закономерности в распределении ТиПТЭ в угле пласта  $c_{10}^B$  по-

ля шахты имени Н.И. Сташкова 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 имени Н.И. Сташкова можно установить, что формирование ассоциации кобальта, никеля, ванадия, свинца, хрома и марганца связано с обогащением этими элементами приконтактных зон пласта и генетически обусловленное 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 the toxic and potentially toxic elements (TaPTE) distribution in the coal layer  $c_{10}^B$  of the Stashkov Mine are considered in the article.

Objective of the research is to determine regularities in the TaPTE distribution in the coal layer  $c_{10}^B$  of the Stashkov Mine of Pavlograd-Petropavlovsk geological and industrial district in Donbass.

As a result of the performed studies, maps of the TaPTE isoconcentrates and maps of regional constituent of their contents over the area of the Mine field were constructed. Linear equations of regression between concentrations of toxic and potentially toxic elements and main technological parameters of coal were calculated.

Analysis of the result of statistical processing of geochemical information and geological and structural characteristics of the layer  $c_{10}^B$  of the Stashkov Mine field makes it possible to state that formation of the association of cobalt, nickel, vanadium, lead, chrome and manganese is connected with enrichment of contact zones of the coal layer by these elements and genetically occurs due to influence of adsorption and reductive-oxidative barriers on the migration of matter during the diagenesis and catagenesis of the coal-bearing series. It is concluded that beryllium is the only element, which is most associated with the organic constituent of coals. The association of mercury and arsenic occurs due to their genetic connection with the sulfide mineralization of fractured zones of tectonic nature.

The main scientific importance of the findings is the established 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, regression equation.

*Стаття поступила до редакції 12.02.2017*

*Рекомендовано до друку д-ром геологічних наук Барановим В.А.*