

УДК 550.42:553.98

В.В. Ішков, Є.С. Козій, О.І. Чернобук

АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ КОНЦЕНТРАЦІЙ ВАНАДІЮ І ГЕРМАНІЮ У ВУГІЛЬНОМУ ПЛАСТІ С₁₀В ШАХТИ «ДНІПРОВСЬКА» ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

В роботі досліджено зв'язок між вмістом германію і ванадію у вугільному пласті с₁₀^В шахти Дніпровська. Побудовані та проаналізовані карти ізоконцентрат цих елементів та графік рівняння регресії між їх нормованими концентраціями. Встановлена дуже висока тіснота кореляційного лінійного зв'язку між елементами, що дозволяє використовувати розраховане рівняння регресії для прогнозу концентрацій германію в межах шахтопласта.

Ключові слова: ванадій, германій, вугільний пласт, поле шахти, рівняння регресії, кореляційний зв'язок.

Вступ.

Вугілля є зараз основним оціненим джерелом германію в Україні, Китаї, Узбекистані, Росії, також Ge-вугільні родовища розробляються в Англії, Канаді і США. Цікавий факт, що має безпосереднє відношення до питання актуальності дослідження геохімії германію: у часи СРСР в 80-х рр. отримували біля 4,5 т/рік Ge виключно на коксохімічних заводах України. Це у середніх цінах на 2021 рік становить 1200\$ США · 4500 кг = 5 400 000 \$ США.

Використання германію у різних галузях досить різноманітне. Як компонент для отримання скла в оптоволоконній техніці використовується GeCl₄. Оксид германію з чистотою до 99.999% застосовується в каталізаторах для полімеризації PET-пластмас (Poly Ethylene Terephthalate, або поліетиленфтолатної смоли), а особливо чистий - у виробництві кристалів ВГО (Ві₁₄Ge₃О₁₂) для сцинтиляційних датчиків фотонів високих енергій. Напівпровідникові властивості германію сьогодні знову затребувані в електронних приладах і сонячних перетворювачах, а також в Si-Ge з'єднаннях. У приладах нічного бачення в ІК-діапазоні застосовуються полі- і монокристалічні вікна і лінзи, виготовлені з монокристалів германію. Останнім часом германій починає набувати застосування і в біогеохімії та медицині. Було встановлено його підвищений вміст в багатьох лікарських рослинах та здатність надавати протипухлинну і антисептичну дію.

Раніше у вугільних пластах Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району переважно досліджувалися токсичні та потенційно токсичні елементи [1-6].

Мета роботи полягає у дослідженні зв'язку між Ge і V у вугільному пласті c₁₀^B шахти «Дніпровська». Слід зазначити, що такі дослідження раніше не виконувалися.

Матеріали та методи дослідження.

Фактологічною основою роботи були результати 378 аналізів Ge та інших елементів-домішок виконаних після 1983р. в центральних сертифікованих лабораторіях виробничих геологорозвідувальних організацій України з матеріалу пластових проб отриманих виробничими і науково-дослідницькими підприємствами і організаціями. У ряді випадків вони доповнювались аналізами пластових проб відібраних борозновим методом із дублікатів керна і гірничих виробок за участю авторів та співробітників геологічної служби вугледобувного підприємства і виробничих геологорозвідувальних організацій в період з 1983 по 2021 рік. Концентрація Ge визначалася згідно роботи [7]. Вміст V визначався кількісним емісійним спектральним аналізом [8]. Вихідні дані для приведення до одного масштабу були нормовані. Обґрунтування процедури нормування для аналізу різномасштабних геохімічних даних та її алгоритм наведено в роботах [9-13].

Результати та їх обговорення.

На полі шахти «Дніпровська» концентрація Ge у вугіллі пласта c₁₀^B за даними 378 аналізів варіює в межах від 0,14 г/т до 35,71 г/т, при середньому значенні $10,21 \pm 0,34$ г/т, медіані 9,01 г/т, моді 1,3 г/т, стандартному відхиленні 7,17, дисперсії вибірки 51,36, ексцесу вибірки -0,22, асиметричності вибірки 0,59.

Аналіз збудованої карти ізоконцентрат нормованих значень вмісту Ge (рис. 1) дає можливість встановити основні особливості просторового розподілу цього елемента в межах розглянутого пласта.

За концентрацією Ge майже все шахтне поле має показники зі значеннями від 0,25 та більше, лише в декількох місцях помічено аномально низькі та осередки високих показників, причому ділянок з низькими значеннями значно менше ніж з високими. Основні зони з найбільш високими показниками (більше 0,5) знаходяться у західній частині поля біля свердловин №Н32667, північніше свердловини №12782, між свердловинами №3280, №Н32729 та №3282, біля свердловин №32538, №12454, та №12391. Ділянки з низькими показниками

розташовані біля свердловин №6025, №12782, №12489, №Н32658, №Н32626, №Н32272, №3371, №3397 та між свердловинами №3296, №32560, №3325, на північному сході від свердловини №12410, та на півдні від №32674, №32734, №32715.

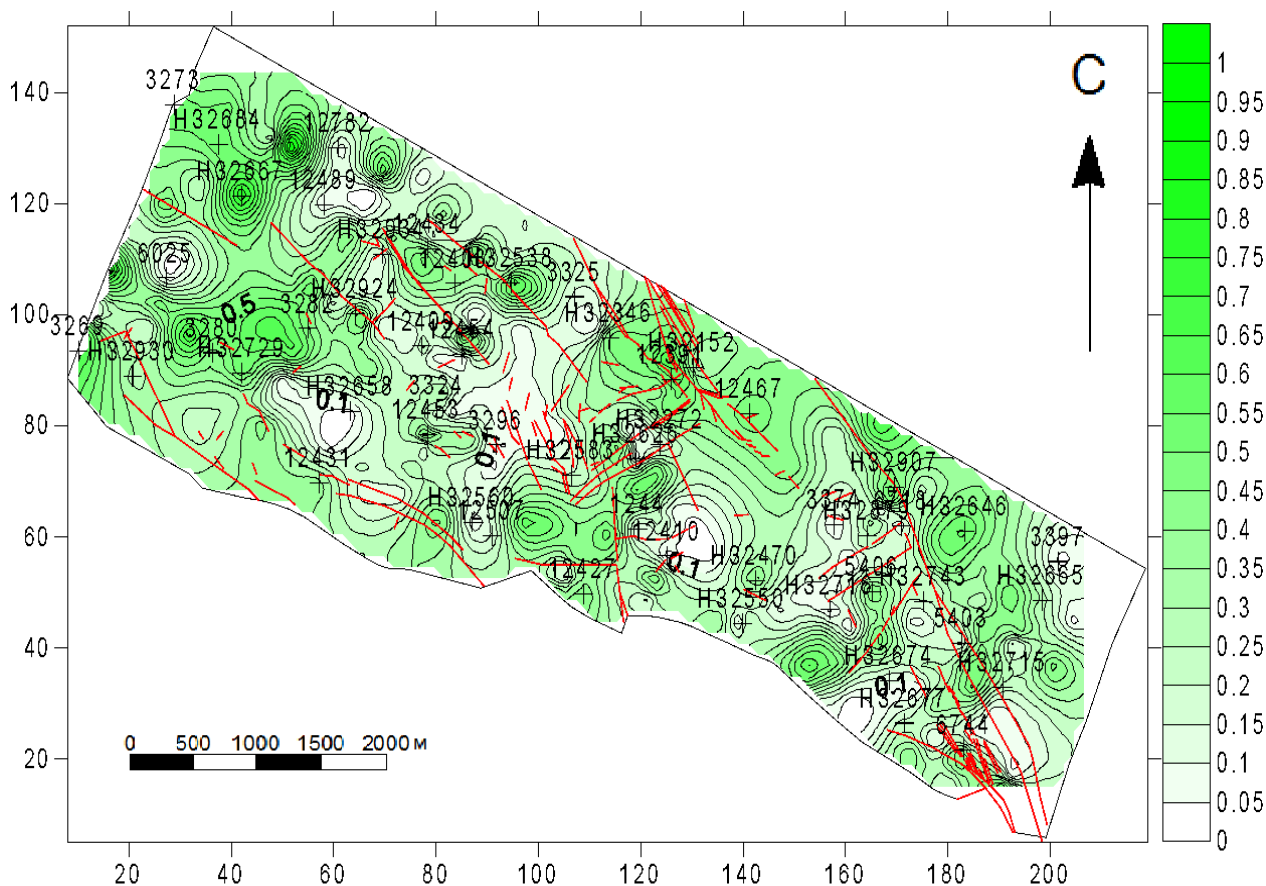


Рис.1. Карта ізоконцентрат нормованого вмісту германію у вугіллі пласта c_{10}^B , шахта Дніпровська.

По пласту c_{10}^B вміст ванадію змінюється в інтервалі від 6,08 г/т до 47,84 г/т, при середньому значенні 21,03 г/т. Ділянка з найбільшою локацією V знаходиться на півночі шахтного поля (рис. 2) і пов'язана із свердловиною №3326. Вміст V суттєво не залежить від глибини, концентрації загальної сірки та зольності вугілля.

Коефіцієнт кореляції Пірсона між концентраціями Ge і Co складає 0,92, а розраховане рівняння лінійної регресії: $Ge = 0,0687 + 0,9219 \cdot V$. Графік рівняння наведено на рис. 3.

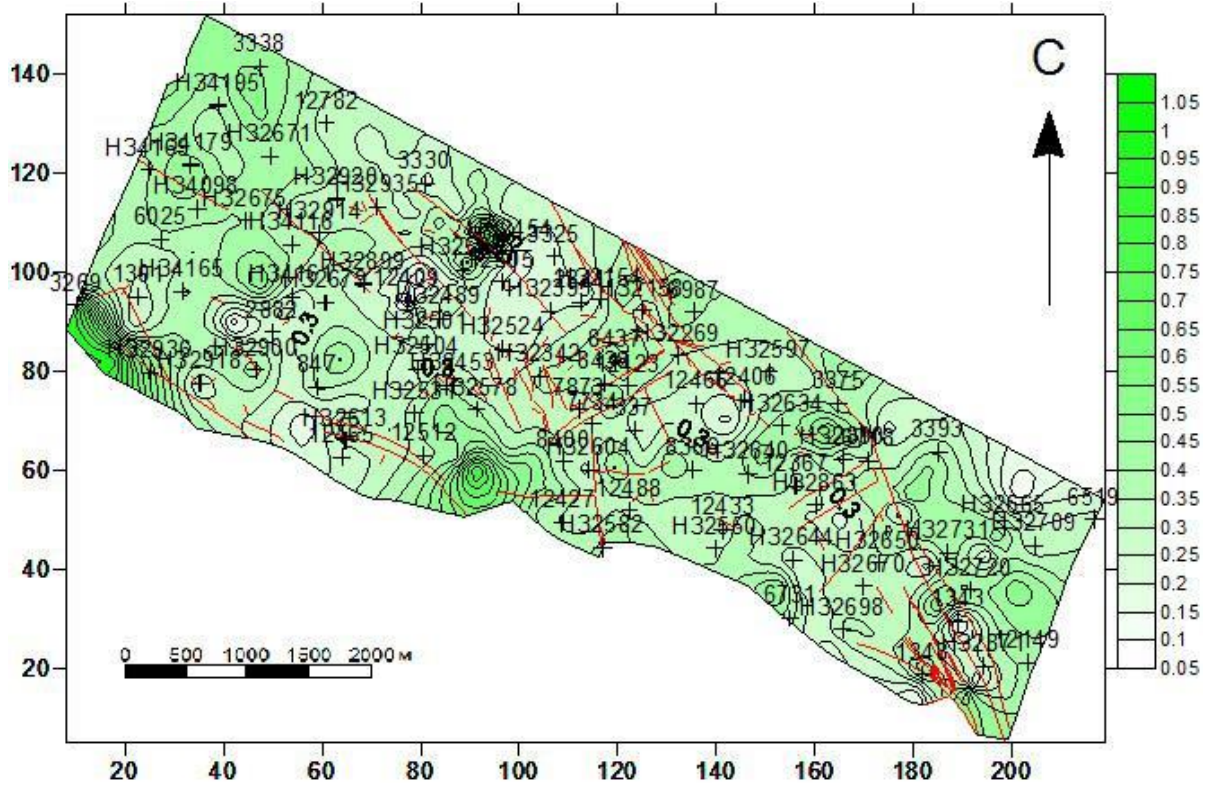


Рис. 2. Карта ізоконцентрат нормованого вмісту ванадію у вугіллі пласта c_{10}^B , шахта Дніпровська.

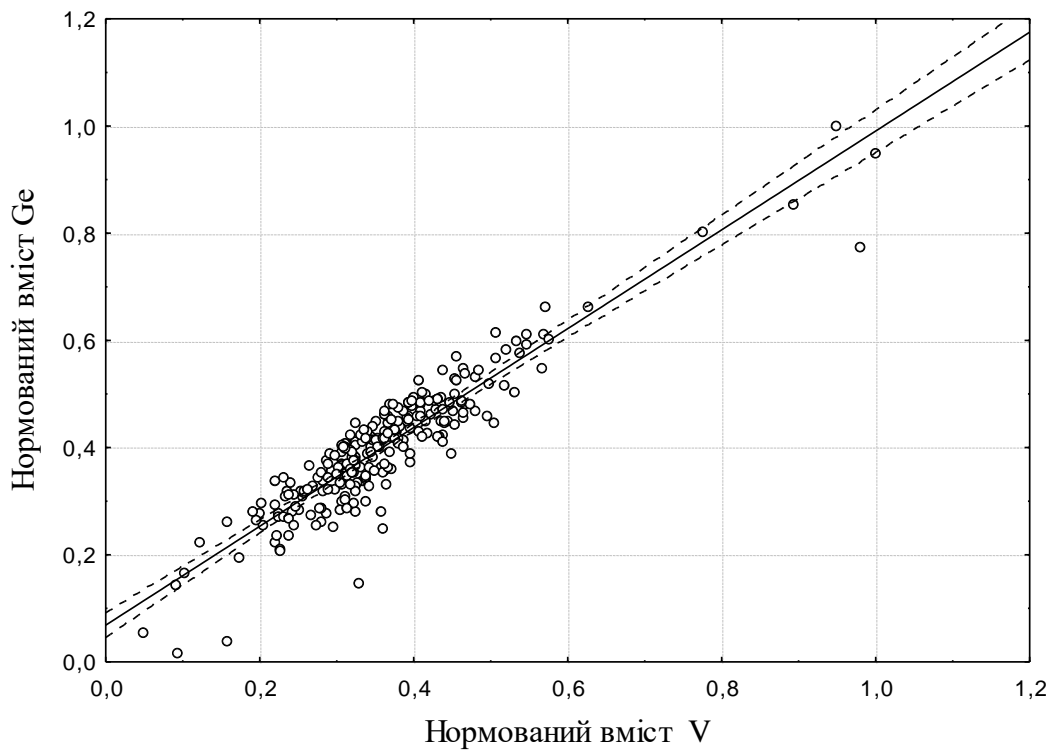


Рис. 3 Графік рівняння регресії між нормованими вмістами германію і ванадію у вугіллі пласта c_{10}^B , шахта Дніпровська.

Висновки.

Отже, загальні чинники, які обумовили кумуляцію германію і ванадію у вугіллі пласта c_8^H в межах шахтного поля майже ідентичні. У свою чергу, це дає підставу вважати ці елементи парагенетичними, що утворюють геохімічну асоціацію у вугіллі пласта c_{10}^B (ш. Дніпровська).

Встановлена дуже висока тіснота кореляційного лінійного зв'язку (відповідно до градацій коефіцієнта Чедока) між елементами, що розглядаються, дозволяє використовувати розраховане рівняння регресії для прогнозу вмістів германію в межах шахтопласта.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 10175-75. Угли бурые, каменные, антрациты, аргиллиты и алевролиты. Методы определения содержания германия. М: Изд-во стандартов. 1975. 14 с.
2. ГОСТ 28974-91. Угли бурые, каменные и антрациты. Методы определения бериллия, бора, марганца, бария, хром, никеля, кобальта, свинца, галлия, ванадия, меди, цинка, молибдена, иттрия и лантана. М: Изд-во стандартов. 1991. 8 с.
3. Єрофєєв А.М., Ішков В.В., Козій Є.С., Барташевський С.Є. Дослідження методів кластеризації родовищ нафти Дніпровсько-Донецької западини з метою створення їх класифікації за вмістом металів (на прикладі V). *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-геологічна»*. 2021. 1(25)-2(26). С. 83-93. [https://doi.org/10.31474/2073-9575-2021-1\(25\)-2\(26\)-83-93](https://doi.org/10.31474/2073-9575-2021-1(25)-2(26)-83-93)
4. Yerofieiev A.M., Ishkov V.V., Kozii Ye.S., Bartashevskiy S.Ye. Geochemical features of nickel in the oils of the Dnipro-Donetsk basin. *Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics"*. 2022. No. 160. pp. 17-28.
5. Ішков В.В., Козій Є.С. Аналіз поширення хрому і ртуті в основних вугільних пластах Красноармійського геолого-промислового району. *Вид-во ІГН НАН України. Серія тектоніка і стратиграфія*. 2019. Вип. 46. С. 96-104. <https://doi.org/10.30836/igs.0375-7773.2019.208881>
6. Ішков В.В., Козій Є.С. Деякі особливості розподілу берилію у вугільному пласті k_5 шахти «Капітальна» Красноармійського геолого-промислового району Донбасу. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*. 2020. Т. 25. вип. 1(36). С. 214-227. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2020.1\(36\).205180](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2020.1(36).205180)
7. Ішков В.В., Козій Є.С. Про розподіл токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта c_{10}^B шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу. *Збірник наукових праць «Геотехнічна механіка»*. 2017. № 133. С. 213-227.
8. Ішков В.В., Козий Е.С. Новые данные о распределении токсичных и потенциально токсичных элементов в угле пласта c_6^H шахты «Терновская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района. *Збірник наукових праць НГУ*. 2013. № 41. С. 201-208.
9. Ішков В.В., Козий Е.С. О классификации угольных пластов по содержанию токсичных элементов с помощью кластерного анализа. *Збірник наукових праць НГУ*. 2014. № 45. С. 209 – 221.

10. Ishkov V.V., Koziy E.S., Lozovoi A.L. Definite peculiarities of toxic and potentially toxic elements distribution in coal seams of Pavlograd-Petropavlovka region. *Collection of scientific works of NMU*. 2013. No. 42. P. 18-23.
11. Kozar M.A., Ishkov V.V., Kozii Ye.S., Pashchenko P.S. New data about the distribution of nickel, lead and chromium in the coal seams of the Donetsk- Makiivka geological and industrial district of the Donbas. *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*. 2020. No. 29(4). P. 722-730. <http://doi: 10.15421/112065>
12. Козій Є.С., Ішков В.В. Класифікація вугілля основних робочих пластів Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району по вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів. *Збірник наукових праць «Геотехнічна механіка»*. 2018. № 136. С. 74 – 86.
13. Нестеровський В.А., Ішков В.В., Козій Є.С. Токсичні і потенційно токсичні елементи у вугіллі пласта с₈^H шахти «Благодатна» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2020. 88(1). С. 17-24. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.88.03>

REFERENCES

1. GOST 10175-75. 1975. Brown coals, hard coals, anthracites, mudstones and siltstones. Methods for determining the content of germanium. *M.: Standartinform Publ.*, 14 p.
2. 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.
3. Yerofieiev, A.M., Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S., Bartashevskiy, S.Ye. 2021. Research of clusterization methods of oil deposits in the Dnipro-Donetsk depression with the purpose of creating their classification by metal content (on the vanadium example). *Scientific Papers of Donntu Series: "The Mining and Geology"*. No. 1(25)-2(26). P. 83-93. [https://doi.org/10.31474/2073-9575-2021-1\(25\)-2\(26\)-83-93](https://doi.org/10.31474/2073-9575-2021-1(25)-2(26)-83-93)
4. Yerofieiev A.M., Ishkov V.V., Kozii Ye.S., Bartashevskiy S.Ye. 2022. Geochemical features of nickel in the oils of the Dnipro-Donetsk basin. *Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics"*. No. 160. P. 17-28.
5. Ishkov V.V., Kozii Ye.S. 2019. Analysis of the distribution of chrome and mercury in the main coals of the Krasnoarmiyskiy geological and industrial area. *Tectonics and Stratigraphy*. No. 46. P. 96-104. <https://doi.org/10.30836/igs.0375-7773.2019.208881>
6. Ishkov V.V., Kozii Ye.S. 2020. Some features of beryllium distribution in the k₅ coal seam of the "Kapitalna" mine of the Krasnoarmiyskiy geological and industrial district of Donbas. *Odesa National University Herald. Geography and Geology*. Vol. 25. No. 1(36), P. 214-227. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2020.1\(36\).205180](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2020.1(36).205180)
7. Ishkov V.V., Koziy E.S. 2017. About peculiarities of distribution of toxic and potentially toxic elements in the coal of the layer c₁₀^B of the Dneprovskaya mine of Pavlogradsko-Petropavlovskiy geological and industrial district of Donbass. *Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics"*. No. 133, P. 213-227.
8. Ishkov, V.V., Koziy, E.S. 2013. New data about distribution of toxic and potentially toxic elements in the coal seam c_{6n} of the Ternovskaya mine of Pavlograd-Petropavlovsky geological and industrial area. *Zbirnyk naukovykh prats NHU*. No. 41. P. 201-208.

9. Iskov, V.V., Kozii, Ye.S. 2014. About classification of coal seams by the content of toxic elements using cluster analysis. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. No. 45. P. 209 -221.
10. Ishkov V.V., Koziy E.S., Lozovoi A.L. 2013. Definite peculiarities of toxic and potentially toxic elements distribution in coal seams of Pavlograd-Petropavlovka region. *Collection of scientific works of NMU*. No. 42. P. 18-23.
- 11 Kozar, M.A., Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S., Pashchenko P.S. 2020. New data about the distribution of nickel, lead and chromium in the coal seams of the Donetsk- Makiivka geological and industrial district of the Donbas. *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*. No. 29(4), P. 722-730. <http://doi: 10.15421/112065>
12. Kozii Ye.S., Ishkov V.V. 2017. Coal classification of main working seams of Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial district on content of toxic and potentially toxic elements. *Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics"*. No. 136. P. 74-86
13. Nesterovskyi V., Ishkov V., Kozii Ye. 2020. Toxic and potentially toxic elements in the coal of the seam c₈^H of the "Blagodatna" mine of Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial area. *Visnyk Of Taras Shevchenko National University Of Kyiv: Geology*. No. 88(1). P. 17-24. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.88.03>.

V.V. Ishkov, Ye.S. Kozii, O.I. Chernobuk

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP OF VANADIUM AND GERMANIUM CONCENTRATIONS IN THE C₁₀^B COAL BED OF THE DNEPROVSKAYA MINE IN WESTERN DONBAS

The paper investigates the relationship between the content of germanium and vanadium in the coal seam c₁₀^B of the Dniprovskaya mine. The isoconcentration maps of these elements and the graph of the regression equation between their normalized concentrations were constructed and analyzed. A very high density of the linear correlation between the elements was established, which allows using the calculated regression equation to forecast germanium concentrations within the mine seam.

Key words: vanadium, germanium, coal seam, mine field, regression equation, correlation relationship.

В.В. Ишков, Е.С. Козий, О.И. Чернобук

АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВАНАДИЯ И ГЕРМАНИЯ В УГОЛЬНОМ ПЛАСТЕ C₁₀^B ШАХТЫ «ДНЕПРОВСКАЯ» ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

В работе исследована связь между содержанием германия и ванадия в угольном пласте c₁₀^B шахты Днепроvская. Построены и проанализированы карты изоконцентрат этих элементов и график уравнения регрессии между их

нормированными концентрациями. Установлена очень высокая теснота корреляционной связи между элементами, позволяющая использовать рассчитанное уравнение регрессии для прогноза концентраций германия в пределах шахтопласта.

Ключевые слова: ванадий, германий, угольный пласт, поле шахты, уравнение регрессии, корреляционная связь.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро, Україна
Валерій Ішков

кандидат геолого-мінералогічних наук

e-mail: ishwishw37@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3987-208X>

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Євген Козій

кандидат геологічних наук

e-mail: kozyi.es@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2167-6224>

Олександр Чернобук

Департамент стратегічного планування виробництва «Грузинський марганець», м. Тбілісі,
Грузія

<https://orcid.org/0000-0002-3583-7391>

Стаття надійшла: 30.11.2022