

**ЗВ'ЯЗОК МІЖ КОНЦЕНТРАЦІЯМИ ГЕРМАНІЮ І КОБАЛЬТУ У
ВУГІЛЬНОМУ ПЛАСТІ C₈^H ПОЛЯ ШАХТИ «ДНІПРОВСЬКА»**

В.В. Ішков

кандидат геолого-мінералогічних наук

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 49005,
м. Дніпро, пр. Д. Яворницького, 19

Є.С. Козій

кандидат геологічних наук

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 49005,
м. Дніпро, пр. Д. Яворницького, 19

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, 49600, м. Дніпро,
вул. Сергія Єфремова, 25, Україна

О.І. Чернобук

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

Було досліджено та проаналізовано зв'язок між концентраціями германію і кобальту у вугільному пласті c₈^H шахти Дніпровська. Ці елементи є парагенетичними і утворюють геохімічну асоціацію у вугіллі пласта c₈^H шахти Дніпровська. Між ними встановлена висока тіснота кореляційного лінійного зв'язку, що дозволяє використовувати розраховане рівняння регресії для прогнозу вмісту германію.

Ключові слова: германій, кобальт, шахти Дніпровська.

**RELATIONSHIP BETWEEN GERMANIUM AND COBALT
CONCENTRATIONS IN COAL SEAM C₈^H OF DNIPROVSKA MINE**

V.V. Ishkov

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences

Ye.S. Kozii

Candidate of Geological Sciences

Dnipro University of Technology, 49005, Dnipro, D. Yavornytskoho ave., 19
Dnipro State Agrarian and Economic University, 49600, Dnipro, S. Efremov str., 25

O.I. Chernobuk

Department of Strategic Production Planning, Georgian Manganese, Tbilisi, Georgia

The relationship between the concentrations of germanium and cobalt in the c_8^H coal seam of the Dniprovsk mine was investigated and analyzed. These elements are paragenetic and form a geochemical association in the coal of the c_8^H seam of the Dniprovsk mine. A high degree of linear correlation is established between them, which allows the calculated regression equation to be used to forecast the germanium content.

Key words: germanium, cobalt, Dniprovsk mine.

Актуальність дослідження вмісту германію у вугільних пластах обумовлена можливістю його промислового вилучення та використання в якості цінного попутного компонента [1-3].

Особливу актуальність виконаним дослідженням надає рішення Ради національної безпеки та оборони України від 16 липня 2021 року «Про стимулювання пошуку, видобутку та збагачення корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку та обороноздатності держави» та Указ Президента України №306/2021, який вводить в дію це рішення. В цих документах руди германію включені до переліку, що мають стратегічне значення для сталого розвитку та обороноздатності держави.

Раніше у вугільних пластах Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району переважно досліджувалися токсичні та потенційно токсичні елементи [4-9].

Дана робота присвячена результатам досліджень зв'язку між концентраціями германію і кобальту у вугільному пласті c_8^H шахти «Дніпровська».

Слід зазначити, що такі дослідження раніше не виконувалися. Фактологічною основою роботи були результати 370 аналізів германію та інших елементів-домішок (їх ще називають «малими елементами»), вимірювань потужності пласту, зольності та сірчистості вугілля 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 вугледобувних підприємств і виробничих геологорозвідувальних організацій в період з 1983 по 2021 рік. Концентрація германію визначалася згідно [10]. Вміст кобальту визначався кількісним емісійним спектральним аналізом [11]. Для приведення до одного масштабу вихідні дані, як правило, тим чи іншим чином нормують. Процедура нормування здійснювалась аналогічно з наведеними в роботах [12-16].

На полі шахти «Дніпровська» концентрація германію у вугіллі пласта c_8^H за даними 370 аналізів варіює в межах від 0,14 г/т до 23,63 г/т, при середньому

значенні $8,34 \pm 0,26$ г/т, медіані 6,79 г/т, моді 7,69 г/т, стандартному відхилені 5,04, дисперсії вибірки 25,38, ексцесу вибірки 0,23, асиметричності вибірки 0,97. Аналізуючи побудовану карту ізоконцентрат нормованих значень вмісту германію (рис. 1) можна виділити п'ять зон його підвищеного накопичення. Перша зона підвищеного значення вмісту германію розташована між свердловинами №НЗ4102, №НЗ2729 та №НЗ2914 у західній частині шахтного поля; друга велика ділянка знаходиться між свердловин №12498, №НЗ2355, №НЗ2560, №НЗ2578 та №НЗ2348 у південно-західній частині поля в якій значення сягають 0,95; інша невелика зона підвищення нормованого вмісту, значення якої досягають 0,65 пов'язана із свердловинами №13168 та №НЗ240 та знаходиться в північно-західній частині шахтного поля; ще одна невелика локація розташована у центральній частині поля біля свердловини №НЗ2612; східна частина шахтного поля характеризується відносно витриманим підвищенням значень більше 0,4. У центрі цієї ділянки знаходяться розривні порушення північно-східного простягання, західні межі цієї ділянки простягаються в південно-східному напрямку біля свердловин №НЗ215, №12406, №НЗ2640, №НЗ2858 та №НЗ2668, східні межі обмежені кордонами шахтного поля. Мінімальне значення нормованого вмісту германію вугільного пласта c_8^H відзначено в свердловині №НЗ2621, яка знаходиться в північній частині ділянки.

По пласту c_8^H шахти «Дніпровська» концентрація кобальту коливається в інтервалі від 3,99 г/т до 16,52 г/т, при середньому значенні його вмісту 8,99 г/т. Візуально за вмістом кобальту поле шахти можна розділити на три зони. Зона найменших значень його вмісту простягається з півдня на північ і частково північний захід. Зона середніх значень розташована в північно-східній і південно-східній частині ділянки. Зона найбільших значень знаходиться в північно-західній і південно-західній частині шахтного поля. Найбільше значення вмісту кобальту приурочене до свердловини №НЗ2560 (Co 16,52 г/т) в південно-західній частині шахтного поля (рис. 2). Західніше розташована свердловина №НЗ2355 (Co – 16,08 г/т). В північно-західній частині ділянки знаходяться свердловини №НЗ2675 і №НЗ4131, які разом формують зону підвищеного вмісту кобальту із значеннями 14,92 і 14,91 г/т відповідно. Треба зазначити, що кумуляція кобальту майже не залежить від глибини, вмісту загальної сірки та зольності вугілля.

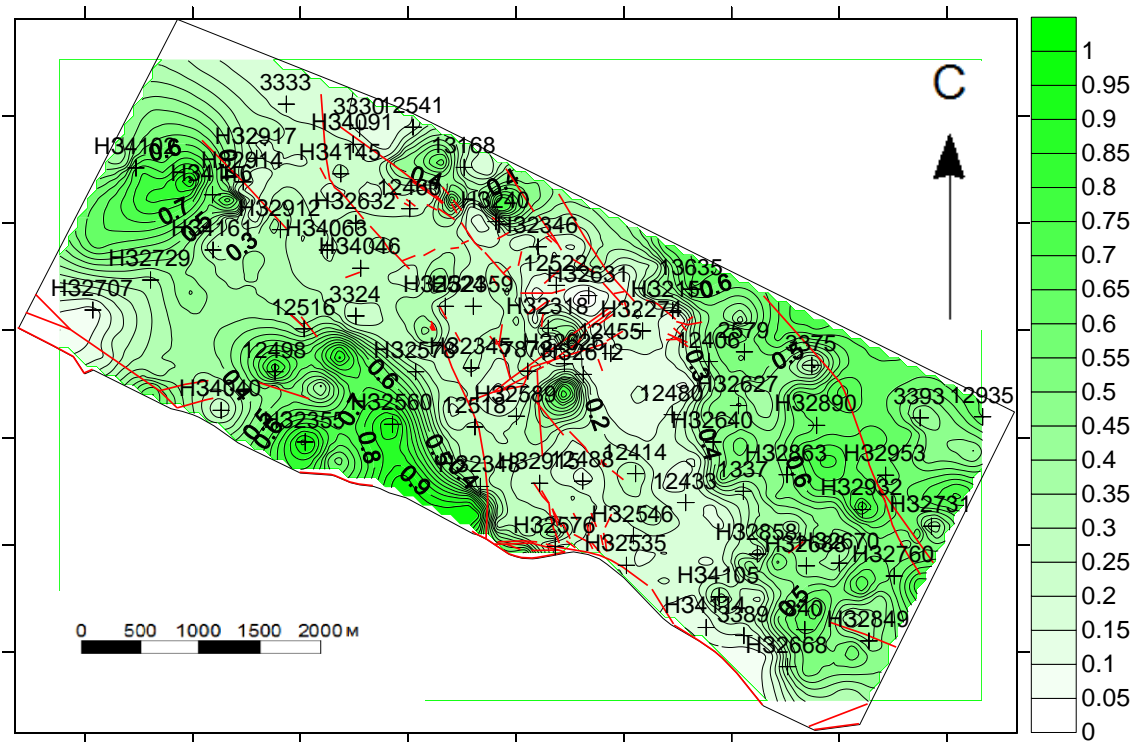


Рис.1 Карта ізоконцентрат нормованого вмісту германію у вугіллі пласта C_8^H (ш. Дніпровська)

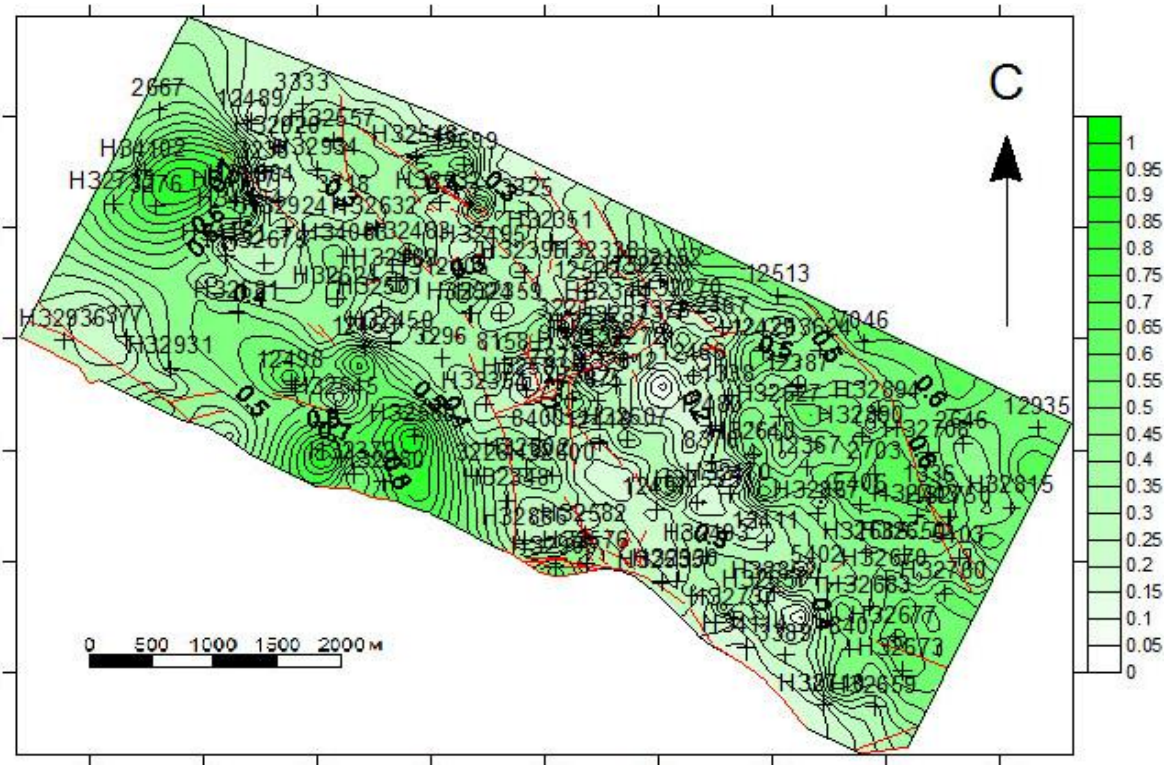


Рис. 2 Карта ізоконцентрат нормованого вмісту кобальту у вугіллі пласта C_8^H (ш. Дніпровська)

Розрахований коефіцієнт Пірсона між концентраціями германію і кобальту складає 0,82, а розраховане рівняння лінійної регресії: $Ge = -0,4589 + 0,9839 \cdot Co$. Графік рівняння наведено на рис. 3.

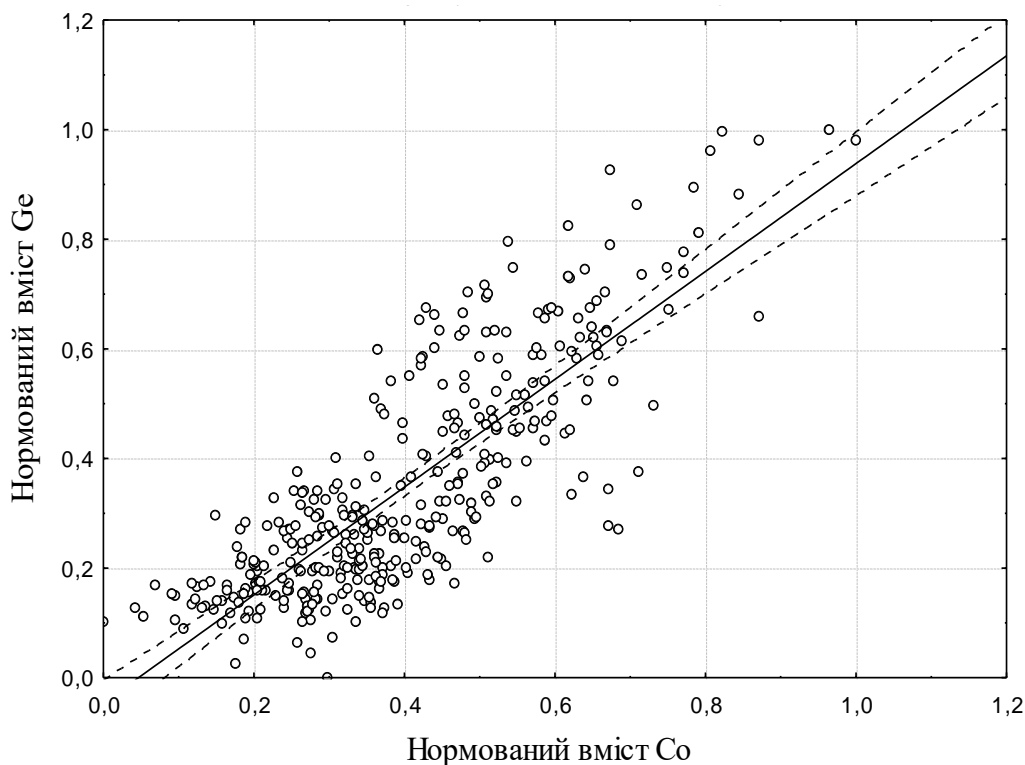


Рис. 3 Графік рівняння регресії між нормованими вмістами германію і кобальту у вугіллі пласта c_8^H (ш. Дніпровська)

Аналіз виконаних досліджень дозволяє сформулювати наступні основні висновки: 1) Незважаючи на незначні відмінності, загалом фактори, що контролюють накопичення цих двох елементів, можна вважати ідентичними. У цьому сенсі германію і кобальту є парагенетичні елементи, що утворюють геохімічну асоціацію у вугіллі пласта c_8^H (ш. Дніпровська). 2) Встановлена висока тіснота кореляційного лінійного зв'язку (відповідно до градацій коефіцієнта Чедока) між елементами, що розглядаються, дозволяє використовувати розраховане рівняння регресії для прогнозу вмістів германію.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Naumov A.V. (2007). World market of germanium and its prospects. Russian Journal of Non-Ferrous Metals, vol. 48, no. 4, p. 265-272. DOI: 10.3103/S1067821207040049
2. Ishkov V.V., Kozii Ye.S., Chernobuk O.I., Pashchenko P.S., Lozovyi A.L. (2022). Analysis of the spatial distribution of germanium in the coal seam c_{8H} of Dniprovsk mine field (Ukraine). The newest problems of science and ways to solve them. Proceedings of the XXX International Scientific and Practical Conference. Helsinki, Finland. 2022. pp. 11-15. DOI: 10.46299/ISG.2022.1.30

3. Ishkov V., Kozii Ye. (2020). Distribution of mercury in coal seam c₇^H of Pavlohradska mine field. Scientific Papers of DONNTU Series: "The Mining and Geology". No. 1(23)-2(24), pp. 26-33. [https://doi.org/10.31474/2073-9575-2020-3\(23\)-4\(24\)-26-33](https://doi.org/10.31474/2073-9575-2020-3(23)-4(24)-26-33)
4. Ishkov V.V., Kozii 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, pp. 18-23.
5. Ишков В.В., Козий Е.С. (2013). Новые данные о распределении токсичных и потенциально токсичных элементов в угле пласта с₆^H шахты «Терновская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района. Збірник наукових праць НГУ. № 41, С. 201-208.
6. 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, pp. 74-86
7. Ishkov V.V., Kozii Ye.S. (2014). About classification of coal seams on the content of toxic elements using cluster analysis. Collection of scientific works of NMU. No. 45. pp. 209-221.
8. Nesterovskiy 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, 88(1), 17-24. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.88.03>
9. Ишков В.В., Козий Е.С. (2017). Про розподіл токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта с₁₀^B шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу. Збірник наукових праць «Геотехнічна механіка». № 133, С. 213-227.
10. ГОСТ 10175-75. (1975). Угли бурые, каменные, антрациты, аргиллиты и алевролиты. Методы определения содержания германия. М: Изд-во стандартов. 14 с.
11. ГОСТ 28974-91. (1991). 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. 8 с.
12. 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". pp. 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)
13. 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. Geo-Technical Mechanics. No. 160. pp. 17-28.
14. Ishkov V.V., Kozii Ye.S. (2019). Analysis of the distribution of chrome and mercury in the main coals of the Krasnoarmiiskiy geological and industrial area. Tectonics and Stratigraphy. No. 46, pp. 96-104. <https://doi.org/10.30836/igs.0375-7773.2019.208881>
15. Ishkov V.V., Kozii Ye.S. (2020). Some features of beryllium distribution in the k5 coal seam of the "Kapitalna" mine of the Krasnoarmiiskiy geological and industrial district of Donbas. Odesa National University Herald. Geography and Geology. Vol. 25. No. 1(36), pp. 214-227. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2020.1\(36\).205180](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2020.1(36).205180)
16. 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), pp. 722-730. <http://doi:10.15421/112065>