

УДК 550.42:553.98

Є.С. Козій, В.В. Ішков, О.І. Чернобук

ОСОБЛИВОСТІ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ВМІСТОМ КОБАЛЬТУ І ГЕРМАНІЮ У ВУГІЛЬНОМУ ПЛАСТІ С₈^H ШАХТИ «ДНІПРОВСЬКА» ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

В рамках проведених досліджень було проаналізовано зв'язок між вмістом германію і кобальту у вугільному пласті с₈^H шахти Дніпровська. Ці елементи є парагенетичними і утворюють геохімічну асоціацію у вугіллі пласта с₈^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, вугільний пласт, поле шахти, рівняння регресії, кореляційний зв'язок.

Вступ.

Для об'єктивної геолого-економічної оцінки можливості попутного вилучення германію з вугілля, відходів і продуктів його переробки та планування найбільш ефективних організаційно-технічних заходів з цього приводу, перш за все, необхідно мати відомості про характер розподілу і рівень концентрації цього елемента у вугіллі і вуглевміщуючих породах. У вугіллі германій відноситься до групи «малих елементів» або елементів-домішок вугілля, котрі повинні обов'язково досліджуватись в процесі геологорозвідувальних робіт, що виконуються на вугільних родовищах України.

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 токси-

чні елементи [4-9].

Дана робота присвячена результатам досліджень зв'язку між концентраціями германію і кобальту у вугільному пласті с₈^H шахти «Дніпровська». Слід зазначити, що такі дослідження раніше не виконувалися.

Матеріали та методи дослідження.

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].

Результати дослідження та їх обговорення.

На полі шахти «Дніпровська» концентрація германію у вугіллі пласта с₈^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 відхиленні 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 №Н34102, №Н32729 та №Н32914 у західній частині шахтного поля; друга велика ділянка знаходиться між свердловинами №12498, №Н32355, №Н32560, №Н32578 та №Н32348 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 №Н3240 та знаходиться в північно-західній частині шахтного поля; ще одна невелика локація розташована у центральній частині поля біля свердловини №Н32612; 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 №Н3215,

№12406, №Н32640, №Н32858 та №Н32668, східні межі обмежені кордонами шахтного поля. Мінімальне значення нормованого вмісту германію вугільного пласта c_8^H відзначено в свердловині №Н32621, яка знаходиться в північній частині ділянки.

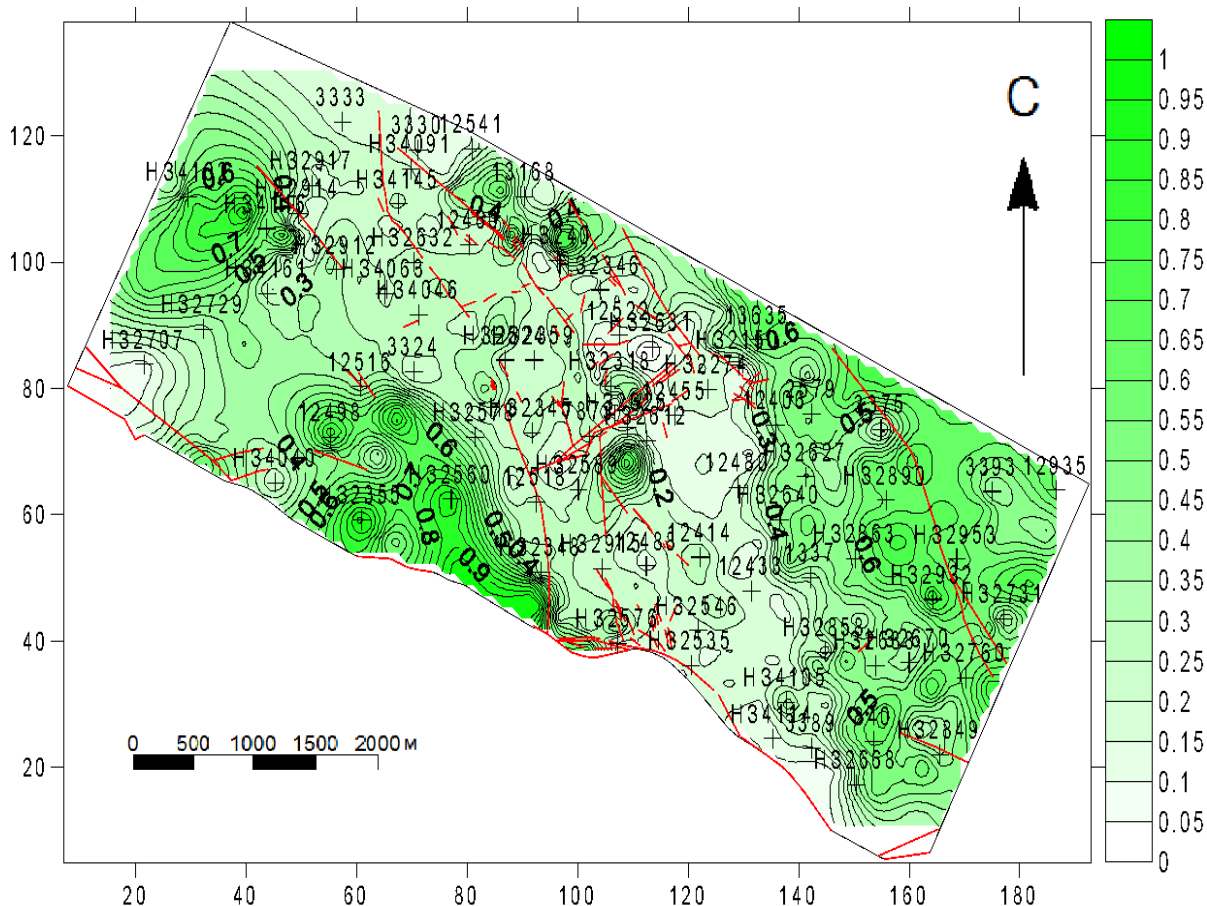


Рис.1. Карта ізоконцентрат нормованого вмісту германію у вугіллі пласта c_8^H (ш. Дніпровська)

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 №Н32560 (Co 16,52 г/т) в південно-західній частині шахтного поля (рис. 2). Західніше розташована свердловина №Н32355 (Co – 16,08 г/т). В північно-західній частині ділянки

знаходяться свердловини №Н32675 і №Н34131, 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.

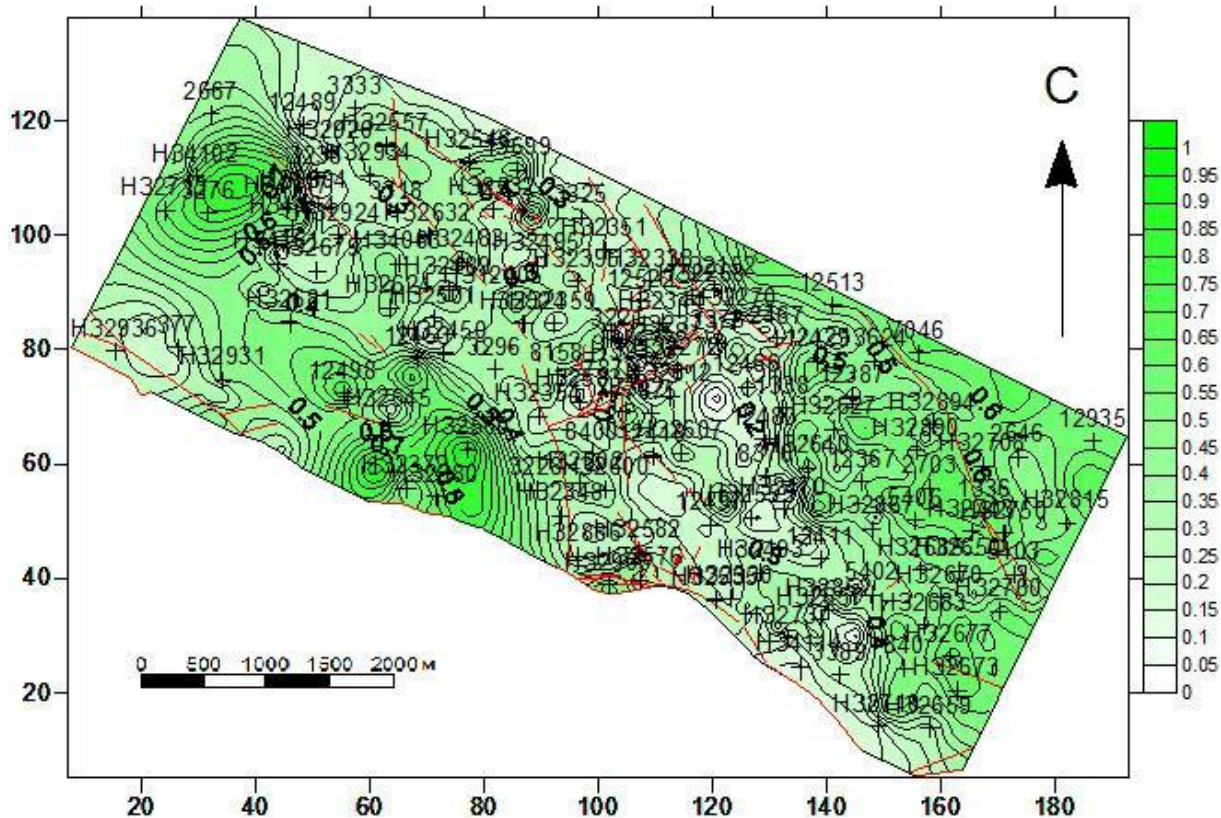


Рис. 2. Карта ізоконцентрат нормованого вмісту кобальту у вугіллі пласта c_8^H (ш. Дніпровська)

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.

Висновки.

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 до градацій коефіцієнта Чедока) між елементами, що розглядаються, дозволяє використовувати розраховане рівняння регресії для прогнозу вмістів германію.

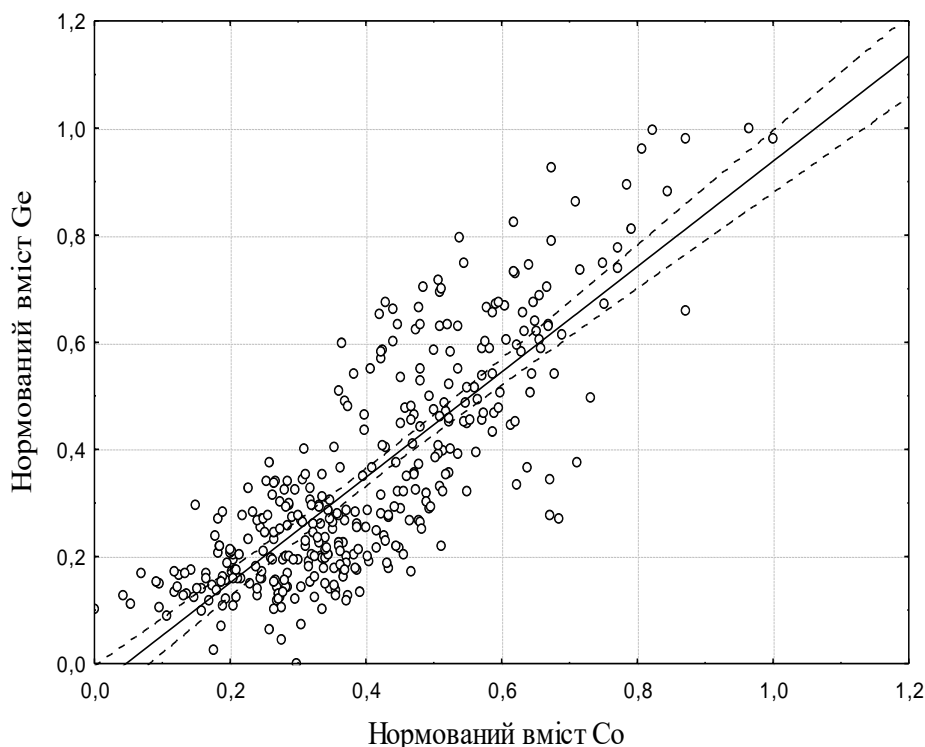


Рис. 3 Графік рівняння регресії між нормованими вмістами германію і кобальту у вугіллі пласта с₈^Н (ш. Дніпровська)

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. *Geo-Technical Mechanics*. 2022. No. 160. pp. 17-28.
5. Ishkov V.V., Kozii 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.
6. Ішков В.В., Козій Е.С. Новые данные о распределении токсичных и потенциально токсичных элементов в угле пласта с₆^Н шахты «Терновская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района. *Збірник наукових праць НГУ*. 2013. № 41. С. 201-208.
7. Ішков В.В., Козій Е.С. О классификации угольных пластов по содержанию токсичных элементов с помощью кластерного анализа. *Збірник наукових праць НГУ*. 2014. № 45. С. 209 – 221.

8. Ішков В.В., Козій Є.С. Про розподіл токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта с₁₀^В шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу. *Збірник наукових праць «Геотехнічна механіка»*. 2017. № 133. С. 213-227.
9. 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>
10. Ішков В.В., Козій Є.С. Деякі особливості розподілу берилію у вугільному пласті к₅ 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)
11. Ішков В.В., Козій Є.С. Розподіл ртуті у вугільному пласті с₇^Н поля шахти «Павлоградська». *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-геологічна»*. 1(23)-2(24). 2020. С. 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)
12. Ishkov V.V., Kozii Ye.S., Chernobuk O.I., Pashchenko P.S., Lozovyi A.L. Analysis of the spatial distribution of germanium in the coal seam с₈^Н 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. P. 11-15. DOI: 10.46299/ISG.2022.1.30
13. 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>
14. 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.
15. Naumov A.V. World market of germanium and its prospects. *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*. 2007. Vol. 48. No. 4, P. 265-272. DOI: 10.3103/S1067821207040049
16. Нестеровський В.А., Ішков В.В., Козій Є.С. Токсичні і потенційно токсичні елементи у вугіллі пласта с₈^Н 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. – in Russian
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. – in Russian
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) – in Ukrainian
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. – in English

5. 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. – in English
6. 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. – in Russian
7. Ishkov, 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. – in Russian
8. Ishkov V.V., Koziy E.S. 2017. About peculiarities of distribution of toxic and potentially toxic elements in the coal of the layer c_{10^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. – in Ukrainian
9. 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. P. 96-104. <https://doi.org/10.30836/igs.0375-7773.2019.208881> – in Ukrainian
10. 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). 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) – in Ukrainian
11. Ishkov V., Kozii Ye. 2020. Distribution of mercury in coal seam c_{7^h} of Pavlohradska mine field. *Scientific Papers of DONNTU Series: "The Mining and Geology"*. No. 1(23)-2(24). P. 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) – in Ukrainian
12. 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_{8^h} of Dniprovskaya 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*. P. 11-15. DOI: 10.46299/ISG.2022.1.30 – in English
13. 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> – in English
14. 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– in Ukrainian
15. 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 – in English
16. Nesterovskiy V., Ishkov V., Kozii Ye. 2020. Toxic and potentially toxic elements in the coal of the seam c_{8^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>– in Ukrainian

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

PECULIARITIES OF RELATIONSHIP BETWEEN COBALT AND GERMANIUM CONCENTRATIONS IN COAL SEAM C_{8^h} OF DNIPROVSKA MINE OF WESTERN DONBAS

In the article the relationship between the concentrations of germanium and cobalt in the c_{8^h} coal seam of the Dniprovskaya mine was investigated and analyzed. These

elements are paragenetic and form a geochemical association in the c_8^H coal seam of the of the Dniprovskaya 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, coal seam, mine field, regression equation, correlation relationship.

Е.С. Козий, В.В. Ишков, О.И. Чернобук

ОСОБЕННОСТИ СВЯЗИ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ КОБАЛЬТА И ГЕРМАНИЮ В УГОЛЬНОМ ПЛАСТЕ C_8^H ШАХТЫ «ДНЕПРОВСКАЯ» ЗАПАДНОГО ДОНБАСА

В рамках проведенных исследований была проанализирована связь между содержанием германия и кобальта в угольном пласте c_8^H шахты Днепроvская. Эти элементы являются парагенетическими и образуют геохимическую ассоциацию в угле пласта c_8^H шахты Днепроvская. Между ними установлена высокая теснота корреляционной линейной связи, позволяющая использовать рассчитанное уравнение регрессии для прогноза содержания германия.

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

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>

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>

Олександр Чернобук

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

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

Стаття надійшла: 15.02.2022