

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ГЕРМАНІЮ У ВУГІЛЬНОМУ ПЛАСТІ С₇^H В МЕЖАХ ПОЛЯ ШАХТИ «ПАВЛОГРАДСЬКА»

^{1,2}Ішков В.В., ^{2,3}Козій Є.С., ²Дрешняк О.С., ¹Пащенко П.С., ²Березняк О.О.,
⁴Трофименко Л.П.

¹Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна, ²Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна, ³Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна, ⁴Дніпровський ліцей № 67 «Джерело» Дніпровської міської ради, Дніпро, Україна

Анотація. У статі представлені результати досліджень германію у вугільному пласті на прикладі пласта с₇^H поля шахти Павлоградська. У межах поля шахти «Павлоградська» концентрація германію по пласту с₇^H в 6,08 рази перевищує кларк германію для кам'яного вугілля світу. Це свідчить про суттєве збагачення вугілля пласта германію і дозволяє розглядати його як цінне потенційне джерело отримання цієї стратегічної сировини. Встановлено невідповідність вибірки германію нормальному або логнормальному закону розподілу

Вступ. Актуальність дослідження германію у вугільних пластах обумовлена його потенціалом для промислового використання і отже важливістю як стратегічної сировини. Найважливішими для промислового використання є напівпровідникові властивості германію, одного з найпоширеніших природних напівпровідникових матеріалів, що визначили його широке застосування у радіоелектроніці та електротехніці. Германій є одним з 12 хімічних елементів, що належать до так званих елементарних або простих напівпровідників. Вугілля є головним джерелом германію у багатьох країнах, включаючи Україну, Китай, Узбекистан, Канаду та США [1-2]. При цьому на стратегічну важливість руд, що містять германій, для сталого розвитку та обороноздатності країни, вказано ще у рішенні Ради національної безпеки та оборони України від 16 липня 2021 року та Указі Президента України № 306/2021 «Про стимулювання пошуку, видобутку та збагачення корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку та обороноздатності держави».

Останні досягнення. Попередні дослідження авторів мікроелементного складу вугілля Донбасу фокусувались на аналізі розподілу «токсичних» та «потенційно токсичних» елементів у вугільних пластах регіону [3-7] й аналізі розподілу германію в окремих вугільних пластах Павлоградсько-Петропавлівського району Донбасу [8-12].

Мета роботи полягає у встановленні особливостей просторового розподілу германію у вугільному пласті с₇^H поля шахти «Павлоградська».

Результати роботи. У межах поля шахти «Павлоградська» концентрація германію по пласту с₇^H змінюється від 8,8 г/т до 24,7 г/т, при середньому значенні $17,62 \pm 0,47$ г/т. Це в 6,08 рази перевищує кларк германію для кам'яного вугілля світу, який наведено у [13]. Медіанне і модальне значення вмісту Ge відповідно складає 18,05 г/т і 20,6 г/т. Стандартне відхилення,

дисперсія вибірки, її ексцес і асиметричність відповідно дорівнюють 4,02 г/т, 16,18 г/т, $-0,61$ та $-0,42$.

Для наочності та візуального аналізу характеру вибірки вмістів германію і встановлення особливостей їх розподілу була побудована гістограма (рис. 1).

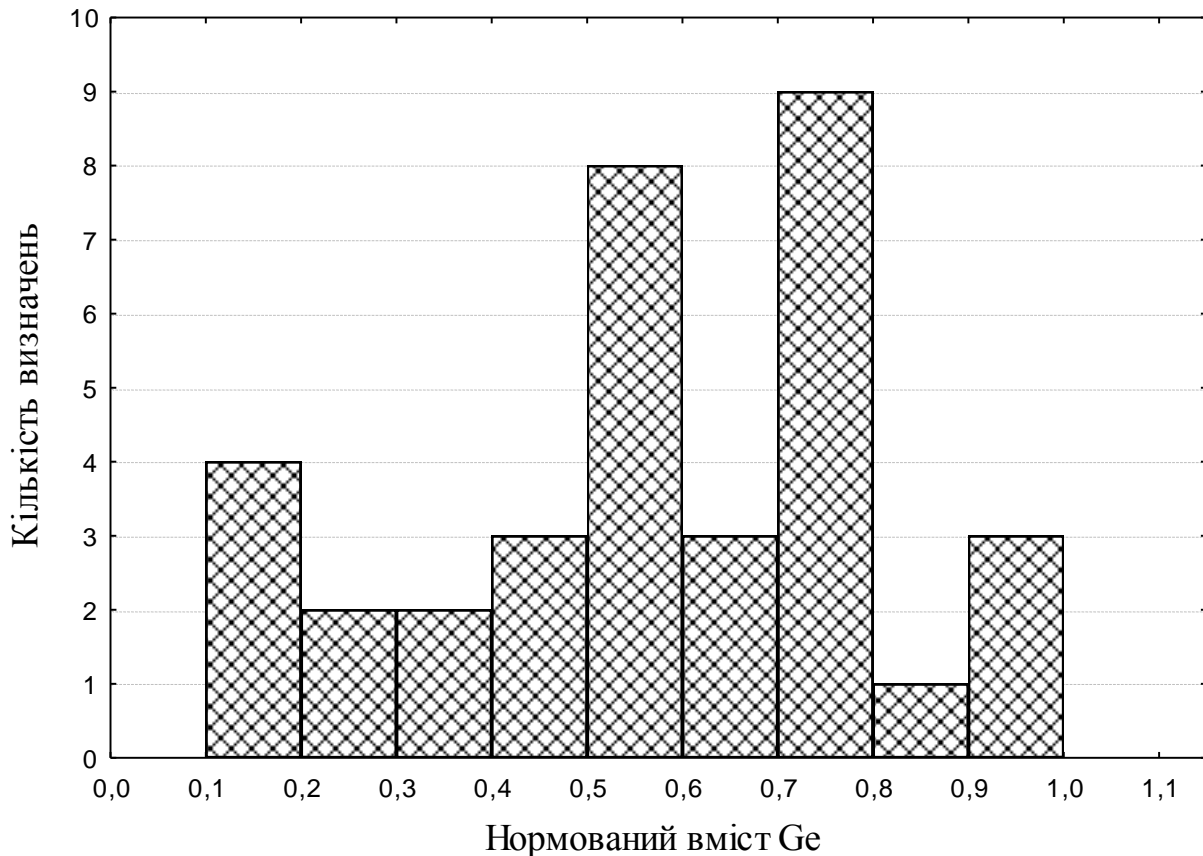


Рисунок 1 – Гістограма розподілу нормованого вмісту германію по пласту c_7^H поля шахти «Павлоградська»

Візуальний аналіз наведеної гістограми свідчить про: 1) невідповідність вибірки нормальному або логнормальному закону розподілу; 2) фіксується полімодальність розподілу нормованого вмісту германію; 3) спостерігається зсув ядра щільності розподілу вправо, у бік більш високих значень. Додатково було виконано аналітичні розрахунки відповідності емпіричного розподілу досліджуваного параметру розподілу Гауса. С цією метою були розраховані критерії Колмогорова – Смірнова, Шапіро-Уїлка, Ліллієфорса та згоди χ^2 -квадрат Пірсона. У всіх випадках результати розрахунків підтвердили невідповідність досліджуваної вибірки нормальному або логнормальному закону розподілу.

Для перевірки гіпотези про зв'язок змістів германію у вугільному пласті з його потужністю було виконано кореляційний та регресійний аналізи (рис. 2).

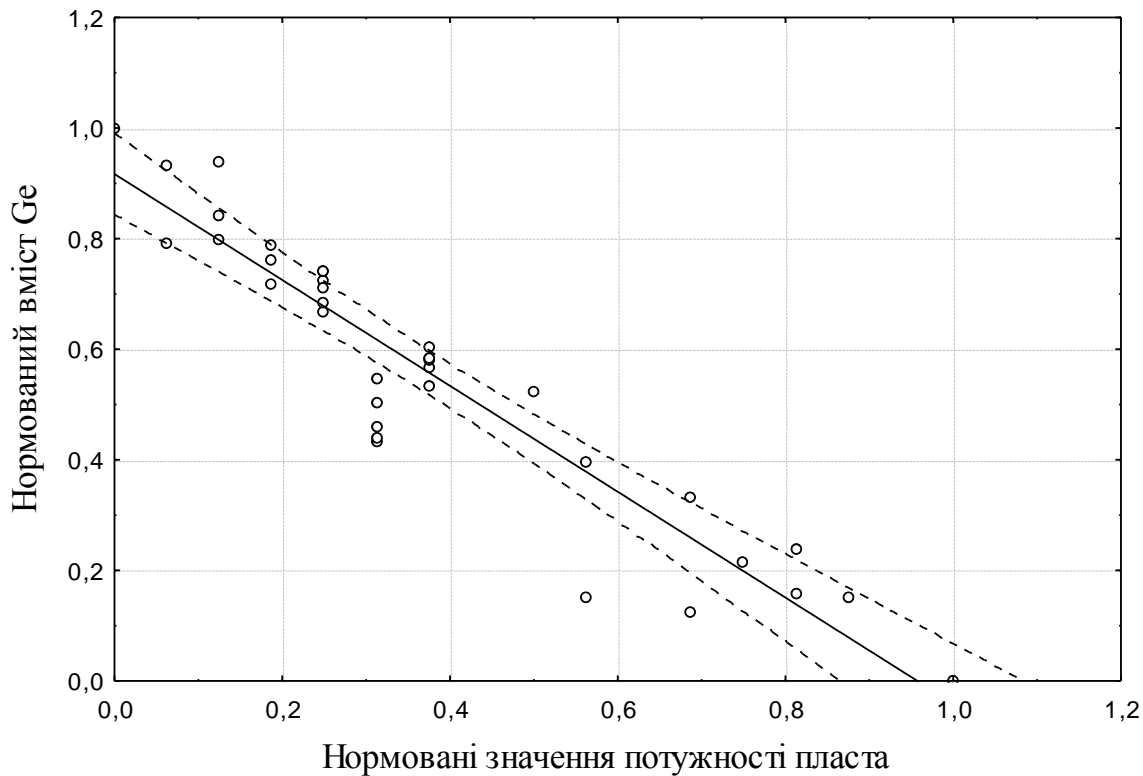


Рисунок 2 – Графік лінійного рівняння регресії між вмістом германію та потужністю вугільного пласта c_7^H поля шахти «Павлоградська»

За результатами кореляційного аналізу встановлено зворотній та дуже тісний за шкалою Чеддока зв'язок між концентраціями германію та потужністю (m), при цьому коефіцієнт кореляції Пірсона дорівнює $-0,94$. За результатами регресійного аналізу було розраховане лінійне рівняння регресії:

$$Ge = 0,917 - 0,9577, m \quad (1)$$

Висновки. Виконані дослідження дозволяють сформулювати наступні основні висновки: 1). У межах поля шахти «Павлоградська» концентрація германію по пласту c_7^H змінюється від 8,8 г/т до 24,7 г/т, при середньому значенні $17,62 \pm 0,47$ г/т, що в 6,08 рази перевищує кларк германію для кам'яного вугілля світу. Це свідчить про суттєве збагачення вугілля пласта германію і дозволяє розглядати його як цінне потенційне джерело отримання цієї стратигічної сировини. 2). Встановлено невідповідність вибірки германію нормальному або логнормальному закону розподілу, при цьому фіксується полімодальність розподілу нормованого вмісту германію що в свою чергу свідчить з одного боку про наявність у досліджуваному пласті різних форм його концентрації, які були реалізовані у конкретних геологічних умовах пласта c_7^H шахти «Павлоградська», а з іншого – про загальний полігенний характер його накопичення у цьому пласті. Невідповідність вибірки германію закону розподілу Гауса свідчить що для більш реалістичної оцінки центральної тенденції вмісту германію замість значень середнього арифметичного необхідно використовувати його медіане значення. При цьому оцінка його ресурсів у

пласті дещо зросте, що ще більше підвищує значення даного вугільного шару як комплексної мінеральної сировини. Доведена наявність зворотнього та дуже тісного кореляційного зв'язку між концентраціями германію та потужністю вугільного пласту c_7^H поля шахти «Павлоградська» та розраховане рівняння регресії між цими параметрами дозволяє прогнозувати вміст германію без проведення нових випробувань та аналітичних досліджень.

Список літератури

1. Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S., Chernobuk, O.I. (2023). Geochemical peculiarities of germanium, arsenic, mercury, beryllium, fluorine and total sulfur in the c_8^H coal seam of the Dniprovsk mine field. *Collection of scientific works "Geo-Technical Mechanics"*, 164, 21-36. <https://doi.org/10.15407/geotm2023.164.021>
2. Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S. (2022). Method of clusterization of c_6 coal seam zones of different thickness in the Dniprovsk mine field by germanium concentration. *Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics"*, 163, 5-15. <https://doi.org/10.15407/geotm2022.163.005>
3. Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S. (2024). Geochemistry features of mercury in oils from the deposits of the Dnipro-Donetsk depth. *Mining Machines*. 42(1), 12-29. <https://doi.org/10.32056/KOMAG2024.1.2>
4. Kozii, Ye.S. (2021). Arsenic, mercury, fluorine and beryllium in the c_1 coal seam of the Blahodatna mine of Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial area of Western Donbas. *Collection of scientific works "Geo-Technical Mechanics"*, 159, 58-68. <https://doi.org/10.15407/geotm2021.159.058>
5. Козій, Є.С., Ішков, В.В. (2017). Класифікація вугілля основних робочих пластів Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району по вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів. *Збірник наукових праць «Геотехнічна механіка»*, 136, 74-86.
6. Ішков, В.В., Козій, Є.С. (2020). Деякі особливості розподілу берилію у вугільному пласті k_5 шахти «Капітальна» Красноармійського геолого-промислового району Донбасу. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*, 25, 1(36), 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. (2021). Розподіл арсену та ртуті у вугільному пласті k_5 шахти «Капітальна», Донбас. *Мінералогічний журнал*, 43, 4, 73-86. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.073>
8. Ішков, В.В., Козій, Є.С., Козар, М.А., Чернобук, О.І. (2022). Розподіл германію у вугільному пласті c_4 шахти «Самарська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу. *Вісник Одеського національного університету. Сер.: Географічні та геологічні науки*, 27, 2(41), 190-206. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.2\(41\).268761](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.2(41).268761)
9. Ішков, В.В., Козій, Є.С., Чернобук, О.І., Хоменко, В.Л. (2022). Результати кластеризації ділянок різної потужності вугільного пласта c_{10}^B шахти «Дніпровська» за вмістом германію. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-геологічна»*. 1(27)-2(28). 107-115. [https://doi.org/10.31474/2073-9575-2022-1\(27\)-2\(28\)-107-115](https://doi.org/10.31474/2073-9575-2022-1(27)-2(28)-107-115)
10. Ішков, В.В., Козій, Є.С., Чернобук, О.І. (2022). Аналіз впливу потужності вугільного пласта c_8^H шахти Дніпровська на вміст германію. *Збірник наукових праць НГУ*, 70, 76-90. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/70.076>
11. Ішков, В.В., Козій, Є.С., Козар, М.А. (2023). Розробка класифікацій родовищ нафти за вмістом металів (на прикладі Дніпровсько-Донецької западини). *Мінеральні ресурси України*, 1, 23-34. <https://doi.org/10.31996/mru.2023.1.23-34>
12. Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S., Chernobuk, O.I., Pashchenko, P.S. (2022). The relationship of germanium concentrations and the thickness of the c_8^H coal seam of the Dniprovsk coal mine. *Collection of scientific works "Geo-Technical Mechanics"*, 162, 164-176. <https://doi.org/10.15407/geotm2022.162.164>
13. Yudovich, Ya.E., Ketris, M.P. (2004). Germanium in coals. *Суктывкар*.