

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ГЕРМАНІЮ У ВУГІЛЬНОМУ ПЛАСТІ С₅ ПОЛЯ ШАХТИ «ПАВЛОГРАДСЬКА»

В. В. Ішков

кандидат геолого-мінералогічних наук

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. С. Дрешпак

кандидат технічних наук

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

П. С. Пащенко

кандидат геологічних наук

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України,
49005, м. Дніпро, вул. Сімферопольська, 2-а

У статті представлені результати досліджень германію у вугільному пласті на прикладі пласта с₅ поля шахти Павлоградська. У межах поля шахти «Павлоградська» концентрація германію по пласту с₅ 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.

Ключові слова: вугільний пласт, германій, поле шахти, нормований вміст, полімодальність розподілу.

FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF GERMANIUM IN THE C₅ COAL SEAM OF PAVLOHRADSKA MINE FIELD

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. S. Dreshpak

Candidate of Technical Sciences

Dnipro University of Technology, 49005, Dnipro, D. Yavornytskoho ave., 19

P. S. Pashchenko

Candidate of Geological Sciences

Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of
Ukraine, 49005, Dnipro, Simferopolska str., 2A

The article presents the results of studies of germanium in the coal seam on the example of c₅ seam of the Pavlohradskа mine field. Within the boundaries of the Pavlohradskа mine field, the concentration of germanium in the c₅ seam is 6.08 times higher than the germanium clark for coal in the world. This indicates a significant enrichment of coal in the germanium seam and allows it to be considered as a valuable potential source of obtaining this strategic raw material. The non-compliance of the germanium sample with the normal or lognormal distribution law was established

Key words: coal seam, germanium, mine field, normalized content, polymodality of distribution.

Вступ. Актуальність вивчення германію у вугільних пластах обумовлена його потенціалом для промислового використання і, отже, його важливістю як стратегічної сировини. Найбільш важливими в промисловому застосуванні є напівпровідникові властивості германію, одного з найбільш поширених природних напівпровідникових матеріалів, що визначає його широке застосування в електроніці та електротехніці. Германій входить до числа 12 хімічних елементів, що відносяться до так званих елементарних або простих напівпровідників. Основним джерелом германію у багатьох країнах, включаючи Україну, Китай, Узбекистан, Канаду та США є вугілля [1]. Водночас стратегічне значення германійвмісних руд для сталого розвитку та оборони країни зазначено у рішенні Ради національної безпеки і 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 були сфокусовані на аналізі розподілу «потенційно токсичних» та «токсичних» елементів у вугільних пластах Донбасу [2-3] й аналізі розподілу германію в деяких вугільних пластах Павлоградсько-Петропавлівського району Донбасу [4-5].

Мета роботи полягає у встановленні особливостей просторового розподілу германію у вугільному пласті c₅ поля шахти «Павлоградська».

Результати роботи. У межах поля шахти «Павлоградська» концентрація германію по пласту c₅ 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 [6]. 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).

Візуальний аналіз наведеної гістограми свідчить про: 1) невідповідність вибірки нормальному 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 хі-квадрат Пірсона. У всіх випадках результати розрахунків підтвердили невідповідність досліджуваної вибірки нормальному або логнормальному закону розподілу.

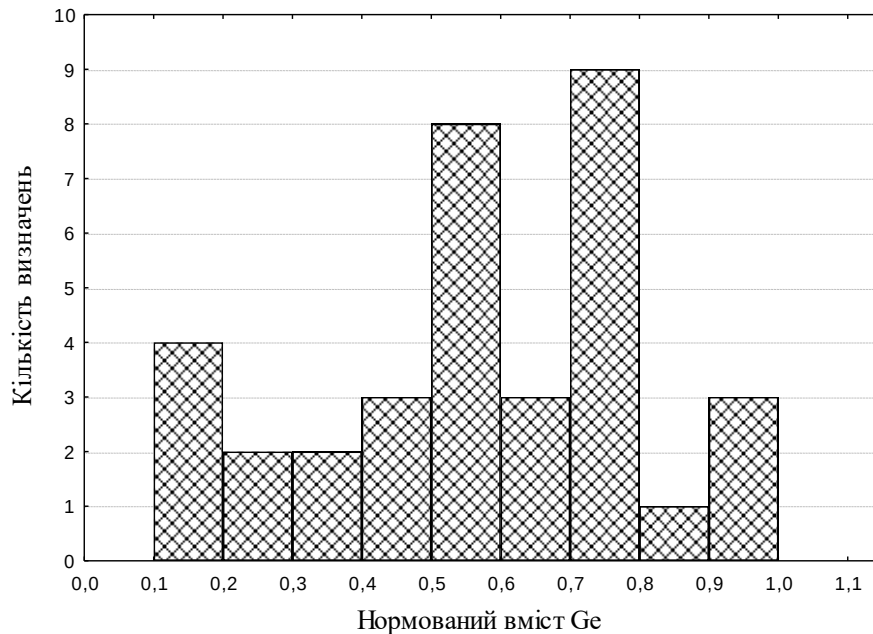


Рис. 1 Гістограма розподілу нормованого вмісту германію по пласту с₅ поля шахти «Павлоградська»

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

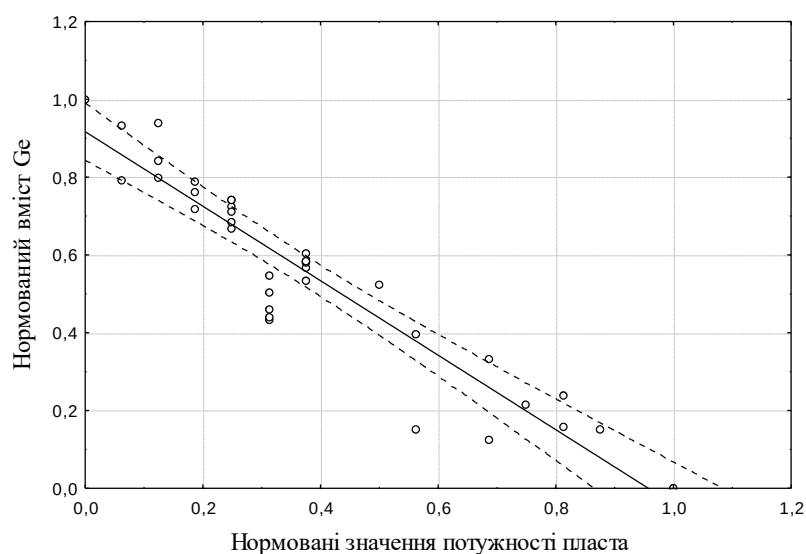


Рис. 2. Графік лінійного рівняння регресії між вмістом германію та потужністю вугільного пласта с₅ поля шахти «Павлоградська»

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:

$$Ge = 0,917 - 0,9577 \cdot m.$$

Висновки. Виконані дослідження дозволяють сформулювати наступні основні висновки: 1). У межах поля шахти «Павлоградська» концентрація германію по пласту с₅ змінюється від 8,8 г/т до 24,7 г/т, при середньому значенні 17,62±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 стратегічної сировини. 2). Встановлено невідповідність вибірки германію нормальному 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 с₅ 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 зростає, 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 с₅ поля шахти «Павлоградська» та розраховане рівняння регресії між цими параметрами дозволяє прогнозувати вміст германію без проведення нових випробувань та аналітичних досліджень.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ishkov V.V., Kozii Ye.S. Method of clusterization of c₆ coal seam zones of different thickness in the Dniprovsk mine field by germanium concentration. *Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics"*. 2022. No. 163. pp. 5-15. <https://doi.org/10.15407/geotm2022.163.005>
2. Kozii Ye.S. Arsenic, mercury, fluorine and beryllium in the c₁ coal seam of the Blahodatna mine of Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial area of Western Donbas. *Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics"*. 2021. No.159. pp. 58-68. <https://doi.org/10.15407/geotm2021.159.058>
3. Ішков В.В., Козій Є.С. Розподіл арсену та ртуті у вугільному пласті k₅ шахти "Капітальна", Донбас. *Мінералогічний журнал*. 2021. №43(4). С. 73-86. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.073>

4. Ішков В.В., Козій Є.С., Козар, М.А., Чернобук, О.І. [Розподіл германію у вугільному пласті с₄ шахти «Самарська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.2(41).268761). Вісник Одеського національного університету. Сер.: Географічні та геологічні науки. 2022. №2(41). С. 190-206. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.2\(41\).268761](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.2(41).268761)
5. Ishkov V.V., Kozii Ye.S., Chernobuk O.I., Pashchenko P.S. The relationship of germanium concentrations and the thickness of the c₈ⁿ coal seam of the Dniprovsk coal mine. *Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics"*. 2022. No. 162, pp. 164-176. <https://doi.org/10.15407/geotm2022.162.164>
6. Yudovich Ya.E., Ketris M.P. Germanium in coals. Syktyvkar. 2004. 216 p.