

**ЗВ'ЯЗОК ГЕРМАНІЮ З ФТОРОМ ТА БЕРИЛІЄМ
У ВУГІЛЬНОМУ ПЛАСТІ С₈^В ШАХТИ «ДНІПРОВСЬКА»**

Козій Є.С., канд. геол. наук,
доцент кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки
Ішков В.В., канд. геол.-мін. наук,
доцент кафедри геології та розвідки родовищ корисних копалин
Чернобук О.І., аспірант,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

В даній роботі досліджено особливості зв'язку концентрацій германію, фтору та берилію у вугільному пласті с₈^В поля шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського району Донбасу. Отримані рівняння регресії дозволяють прогнозувати загальну тенденцію концентрацій германію у вугільному пласті с₈^В поля шахти «Дніпровська» за вмістом фтору та берилію.

In this paper the peculiarities of the relationship between the concentrations of germanium, fluorine and beryllium in the c₈^B coal seam of the Dniprovsk mine field in the Pavlohrad-Petropavlivka area of Donbas were investigated. The obtained regression equations make it possible to predict the general trend of germanium concentrations in the coal seam c₈^B of the Dniprovsk mine field by the content of fluorine and beryllium.

Загальна актуальність дослідження вмісту германію у вугільних пластах обумовлена можливістю його промислового вилучення та використання в якості цінного попутного компонента. На даний час вугільні родовища розглядаються в якості найважливішої мінерально-сировинної бази промислового отримання германію [1-2].

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 різних геолого-промислових районів Донбасу переважно досліджувалися токсичні та потенційно токсичні елементи [3-6, 8]. У той же час, дослідження зв'язку германію, берилію та фтору у вугільному пласті с₈^В поля шахти «Дніпровська» раніше не виконувалися.

Мета роботи: полягає у дослідженні особливостей зв'язку концентрацій германію, берилію та фтору у вугільному пласті с₈^В поля шахти «Дніпровська».

Методика досліджень. Фактологічною основою роботи були результати 370 кількісних спектральних аналізів вугілля пласта с₈^В в межах поля шахти «Дніпровська» на германій, берилій та фтор виконаних після 1981р. у центральних сертифікованих лабораторіях виробничих геологорозвідувальних організацій України з матеріалу пластових проб отриманих виробничими і науково-дослідницькими підприємствами і організаціями та особисто авторами.

На внутрішній лабораторний контроль направлено 10% дублікатів проб. Зовнішньому лабораторному контролю піддано 12% дублікатів проб. Якість результатів аналізів (правильність і відтворюваність) оцінювалася як значимість середньої систематичної похибки, яка перевірялася за допомогою критерію Стьюдента і значимість середньої випадкової похибки, яка в свою чергу перевірялася за допомогою критерію Фішера. Оскільки всі ці похибки при рівні значимості 0,95 виявились не значимими, якість аналізів визнано задовільною.

Перш за все було виконано аналітичні розрахунки відповідності емпіричних розподілів досліджуваних елементів нормальному розподілу. С цією метою були розраховані критерії Колмогорова – Смірнова, Шапіро-Уїлка, Ліллієфорса та згоди хі-квадрат Пірсона. У всіх

XIII Всеукраїнська молодіжна наукова конференція-школа
«Сучасні проблеми наук про Землю»
Київ, 12-14 квітня 2023 р.

випадках результати розрахунків підтвердили невідповідність досліджуваних вибірок нормальному або логнормальному закону розподілу. Таким чином, для більш реалістичної оцінки центральної тенденції вмісту германію, берилію та фтору замість значень середнього арифметичного необхідно використовувати медіанні значення.

Потім значення вмісту германію, берилію та фтору нормувалися за формулою:

$$X_i \text{ норм.} = (X_i - X_{i \text{ min}}) / (X_{i \text{ max}} - X_{i \text{ min}}),$$

де $X_i \text{ норм.}$ – нормоване одиничне значення вмісту елемента, X_i - одиничне значення вмісту елемента, $X_{i \text{ min}}$ – мінімальне значення вмісту елемента, $X_{i \text{ max}}$ – максимальне значення вмісту елемента.

Таким чином розраховані нормовані значення показників проб оброблялися за допомогою програми STATISTICA 11.6, у якій виконувався розрахунок описових статистик, кореляційний і регресійний аналізи та графічна візуалізація результатів виконаних досліджень.

За результатами кореляційного аналізу встановлено зворотній слабкий зв'язок між концентраціями германію та фтору, при цьому коефіцієнт кореляції дорівнює $-0,36$. За результатами регресійного аналізу розраховане лінійне рівняння регресії (графік рівняння регресії наведено на рис.1):

$$Ge = 0,4781 - 0,268 \cdot F.$$

Кореляційний аналіз між вмістом германію і берилію дозволив встановити прямий слабкий зв'язок між концентраціями цих елементів, який становить $0,37$. За результатами регресійного аналізу було розраховане лінійне рівняння регресії (графік рівняння регресії наведено на рис.2):

$$Ge = 0,1794 + 0,2967 \cdot Be.$$

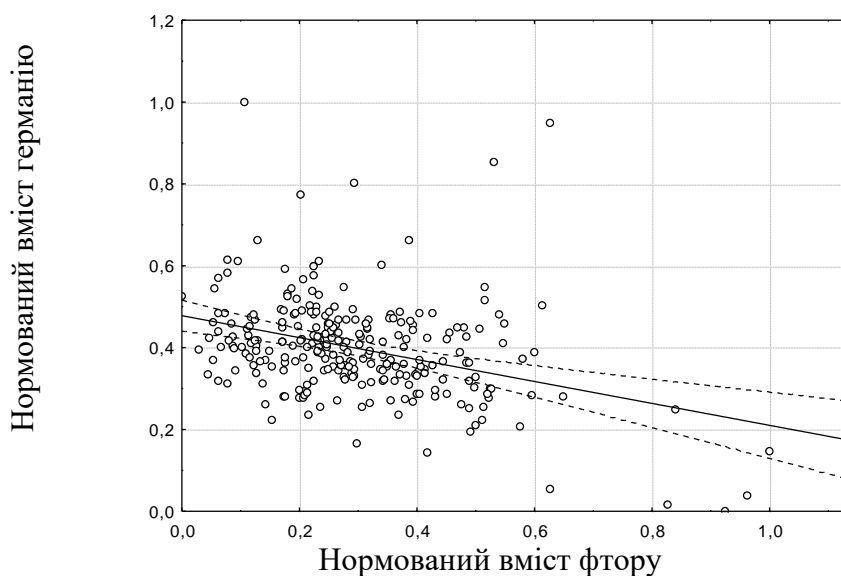


Рисунок 5. Графік рівняння регресії між концентраціями германію та фтору

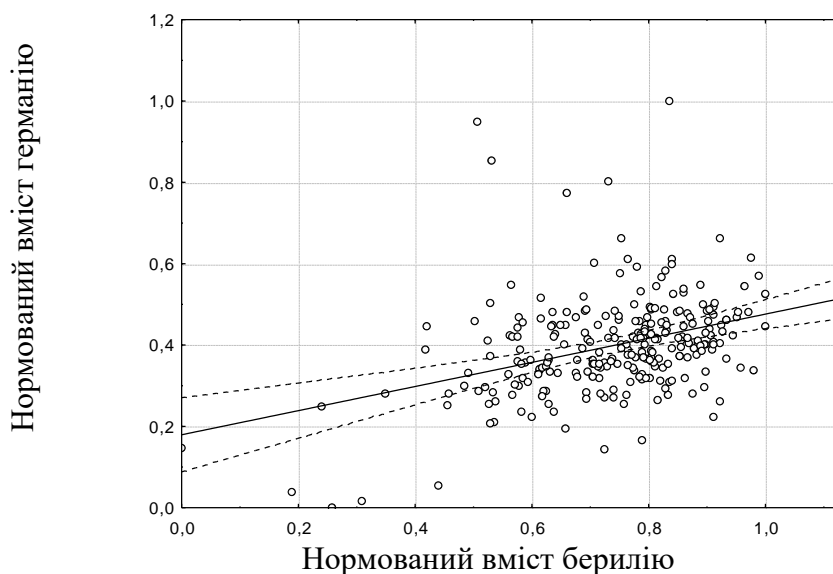


Рисунок 2. Графік рівняння регресії між концентраціями германію та берилію

Встановлений слабкий але прямий зв'язок між германієм і берилієм на наш погляд вказує на їх сумісне накопичення у контактній зоні вугільного пласта, яке відбувається згідно «законау Зільбермінця». У роботі [7] було репрезентовано результати аналізу можливих механізмів збагачення контактних зон вугільних пластів та доведено, що найбільш вірогідними були дифузійно-фільтраційні процеси перерозподілу речовини в системі «вугільний пласт - вуглевмісні породи». Ці процеси відбувалися головним чином вже на стадіях діагенезу та катагенезу вугленосної товщі.

Висновки. Аналіз виконаних досліджень свідчить про: 1) невідповідність емпіричних вибірок розглянутих елементів нормальному або логнормальному закону розподілу, у зв'язку з чим в якості більш реалістичної оцінки центральної тенденції вмісту германію, берилію та фтору замість значень середнього арифметичного необхідно використовувати медіанні значення; 2) фіксується полімодальність розподілу германію, берилію та фтору, що враховуючи геохімічні особливості цих елементів та їх поведінку у загальному процесі формування вугленосної товщі Донбасу, дозволяє припустити полігенність їх накопичення у вугільному пласті; 3) встановлено зворотній слабкий зв'язок між вмістом германію та фтору, та прямий слабкий зв'язок між концентраціями германію та берилію; 4) розраховані рівняння регресії дозволяє прогнозувати загальну тенденцію концентрації германію у вугільному пласті c_8^B поля шахти «Дніпровська» за вмістом фтору та берилію.

1. Ішков В. В. Проблеми геохімії «малих» і токсичних елементів у вугіллі України. Наук // вісник НГА України, 1999, №1, С. 128-132

2. Ішков В. В., Козій Є. С., Клименко А. Г. Особливості розподілу германію у вугільному пласті c_1 шахти «Дніпровська» // Матеріали IV міжнародної науково-технічної конференції: Проблеми розвитку гірничо-промислових районів, ДонНТУ, 2021, С. 42-50.

3. Ішков В. В., Козій Є. С., Чернобук О.І. Зв'язок германію із зольністю у вугільному пласті c_{10}^B шахти «Дніпровська» // X Міжнародна науково-практична конференція «Технології і процеси у гірництві та будівництві», Луцьк, 2022, С. 25-33.

4. 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, Т. 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)

XIII Всеукраїнська молодіжна наукова конференція-школа
«Сучасні проблеми наук про Землю»
Київ, 12-14 квітня 2023 р.

5. *Ішков В.В., Козій Є.С.* (2021). Розподіл арсену та ртуті у вугільному пласті k₅ шахти "Капітальна", Донбас // Мінералогічний журнал, 43 (4), 73-86. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.073>

6. *Ішков В.В., Козій Є.С.* (2017). 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», 133, 213-227.

7. *Ishkov V. V., Kozii Ye. S., Chernobuk O. I., Kozar M. A., Pashchenko P. S., Diachkov P. A., Vladyk D. V.* Manifestation of the phenomenon of coal enrichment with germanium of low-powered areas of the seams of the Dniprovsk mine (Ukraine) and the «Zylbermints law» // International Scientific and Practical Conference «Science in the Environment of Rapid Changes», 2022, Brussels, Belgium, pp. 225-226.

8. *Козій Є.С., Ішков В.В.* (2017). Класифікація вугілля основних робочих пластів Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району по вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів // Зб. наукових праць «Геотехнічна механіка», 136, 74-86.

***Kozii Ye., Ishkov V., Chernobuk O.* RELATIONSHIP OF GERMANIUM WITH FLUORINE AND BERYLLIUM IN THE COAL SEAM C8B OF THE "DNIPROVSKA" MINE.**