

Список літератури

1. Остапенко, Н.С., Бондаренко, Л.В., Кириченко В.А. (2019). Особливості моніторингу гірничодобувних регіонів. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку: матер. I Між. наук.-пр. конф. ПДАА.*
2. Подрезенко, І.М., Остапенко, Н.С., Крючкова, С.В., Кириченко, В.А., Бондаренко, Л.В. (2019). Особливості екологічної оцінки природно-техногенного впливу на гідросферу в межах міських технооекосистем. *Вісник ПДАА* (2). [Doi: 10.31210/visnyk2019.02.08](https://doi.org/10.31210/visnyk2019.02.08) ПДАА.
3. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://vkurse.ua/ua/tag/girnicho-metalurgiyniy-kompleks/>
4. ГОстандарт СССР (1983). ГОСТ 17.5.1.01-83. *Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения.* М.:Стандартгиздат.
5. Лисиченко, Г.В., Забулонов, Ю.Л., Хміль, Г.А. (2008). *Природний, техногенний та екологічний ризику: аналіз, оцінка, управління.* К.: Наукова думка.
6. Голуб, Г.М., Крючкова, С.В., Кириченко, В.А., Остапенко, Н.С. (2011). Алгоритм визначення екологічної складової методики вибору способу розробки родовищ в умовах сталого розвитку. *Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів: Матер. VI Між. наук.-практ. конф. ІППЕ НАНУ.*

ЗВ'ЯЗОК ВМІСТУ ГЕРМАНІЮ З ПОТУЖНІСТЮ ТА ЗОЛЬНІСТЮ ВУГІЛЬНОГО ПЛАСТА С₆ ПОЛЯ ШАХТИ «ЮВІЛЕЙНА»

¹Ішков В.В., ^{2,3}Козій Є.С., ⁴Чернобук О.І., ¹Пащенко П.С.,
²Коваль С.О., ²Кравець Я.М

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; ⁴Джорджіан Манганез, Тбілісі, Грузія

Анотація. У статі представлені результати досліджень германію у вугіллі та його зв'язку з потужністю та зольністю на прикладі пласта с₆ поля шахти Ювілейна. Максимальні значення концентрацій германію у вугіллі пов'язані з інтервалом зольності в межах 5 – 10%, який відображує так званий «сорбційний оптимум». Також встановлено, що при зменшенні потужності пласта в цілому вклад збагачених германієм його ділянок у загальний вміст цього металу в розглянутому пласті буде збільшуватись.

Вступ. Вугілля - найважливіше джерело германію в Україні, в Китаї (германієносні вугільні родовища в Китаї розробляються близько Lincang, провінція Юньнань і Xilinhaote, провінція Внутрішня Монголія), а також в Росії (92,6% загальних запасів германію по категоріям А+В+С₁ зосереджено у вугільних родовищах, які розташовані головним чином в межах Приморського, Забайкальського, Красноярського країв, а також Сахалінської і Кемеровської областей). У вугіллі германій відноситься до групи елементів – домішок, котрі повинні обов'язково досліджуватись в процесі геологорозвідувальних робіт на вугільних родовищах України.

Останні досягнення. Відомості про розподіл елементів – домішок у вугільних пластах, нафтах та біомінеральних утвореннях наведені у роботах [1-28]. У той же час, аналіз розподілу германію у вугільному пласті с₆ поля шахти «Ювілейна» раніше не виконувався.

Мета роботи: встановлення зв'язку між вмістом германію та потужністю і зольністю вугільного пласта с₆ поля шахти «Ювілейна».

Результати роботи. У структурно-тектонічному відношенні площа відноситься до північно-східного схилу Українського кристалічного щита і приурочена до південно-східної частини Самарського грабену. Площа поля шахти характеризується пологим ($2-5^\circ$) слабохвилястим моноклінальним заляганням з падінням порід на північний схід.

Зв'язок вмісту германію з зольністю вугілля згідно результатів аналізів загальної вибірки за шкалою Чедока враховуючі дані кореляційного (лінійного Пірсона $-0,36$, та непараметричних Спірмена $-0,34$, Кендела $-0,24$ і гамма $-0,24$) та регресійних аналізів є зворотній і помірний, але треба враховувати що він при довірчому інтервалі $0,99$ є статистично значущим. На рис. 1 (а) наведено графік результату регресійного аналізу моделювання лінійного зв'язку вмісту германію з зольністю вугілля. Рівняння регресії у цій моделі $Ge = 0,4598 - 0,28 \cdot Ad$, але на нашу думку більш адекватна квадратична модель, її графік наведено на рис. 1 (б), а розраховане рівняння регресії $Ge = 0,4369 - 0,0719 \cdot Ad - 0,0319 \cdot Ad^2$.

Аналіз результату регресійного аналізу моделювання квадратичного зв'язку германію із зольністю вугілля чітко вказує на наявність зв'язку максимальних значень вмістів германію у вугіллі з інтервалом зольності в межах $5 - 10\%$. Тобто з так званим «сорбційним оптимумом» [26, 27].

Зв'язок вмісту германію з потужністю вугільного пласта згідно результатів аналізів загальної вибірки за шкалою Чедока враховуючі дані кореляційного (лінійного Пірсона $-0,91$, та непараметричних Спірмена $-0,86$, Кендела $-0,69$ і гамма $-0,72$) та регресійних аналізів є зворотній і дуже високий, при довірчому інтервалі $0,99$ він є статистично значущим. На рисунку 2(а) наведено графік результату регресійного аналізу моделювання лінійного зв'язку вмісту германію з потужністю вугільного пласта. Рівняння регресії для цієї моделі $Ge = 0,9703 - 0,9112 \cdot m$, але на нашу думку більш придатна для інтерпретації у геологічних поняттях поліноміальна кубічна модель, її графік наведено на рисунку 2(б), а розраховане рівняння регресії $Ge = 0,9159 - 0,8078 \cdot m + 0,1848 \cdot m^2 - 0,3168 \cdot m^3$. При аналізі цієї регресійної моделі з одночасним урахуванням вихідних даних як значень вмісту германію, так і значень потужності пласта, і зольності, а також результати попередніх досліджень [1-28], виникає можливість сформулювати попередні висновки щодо зв'язку між цими показниками. Справа у тому що у вертикальному профілі вугільного пласта Ge розподіляється вкрай нерівномірно. Основний вплив на вміст германію потужності пласта є наслідком прояву так званого «закону Зільбермінця» – емпіричної закономірності збагачення деякими елементами (насамперед – германію) приконтрактових зон вугільних пластів. Потужність таких шарів звичайно не перевищує $0,2$ м. Треба відмітити, що прояви «закону Зільбермінця» відзначаються у кожному вугільному басейні світу. Вони знаходять досить задовільне тлумачення у рамках концепції після седиментаційного діагенетичного накопичення германію у контактній зоні по дифузійному та частково - по фільтраційному механізмів у період торфонакопичення [1-28].

Таким чином, за всіх інших рівних умов, при зменшенні потужності пласта в цілому вклад збагачених германієм його ділянок у загальний вміст цього металу в пласті буде збільшуватись. При цьому в окремих випадках, ці збагачені шари будуть зливатимуться і весь вугільний пласт буде являти собою суцільну зону збагачення. Цим можна пояснити приуроченість практично усіх аномально високих значень вмісту германію до ділянок пласта з потужністю не більше 0,4м.

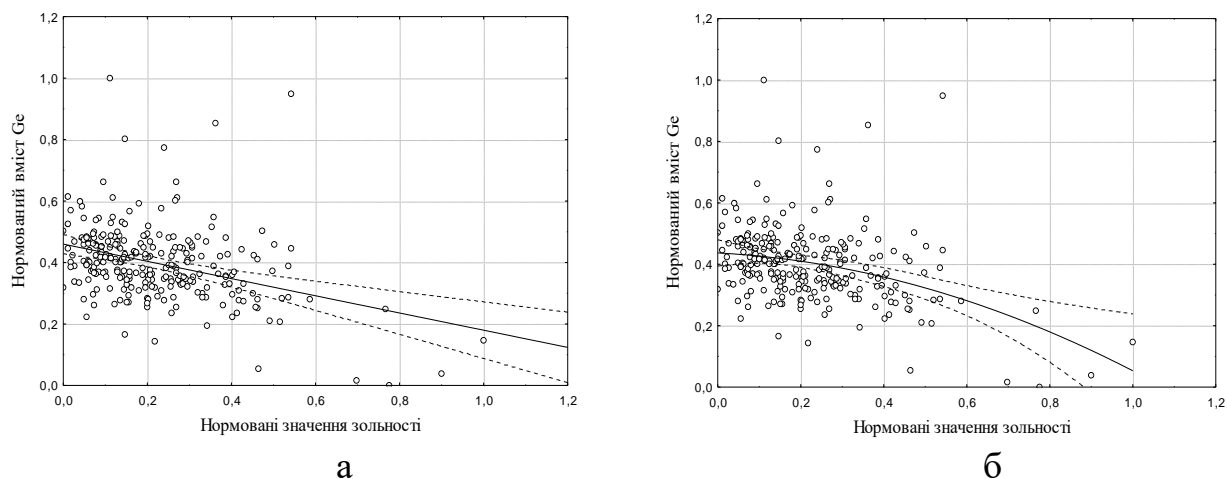


Рисунок 1 – Результат регресійного аналізу моделювання: а – лінійного зв’язку германію з зольністю вугілля; б – квадратичного зв’язку германію з зольністю вугілля

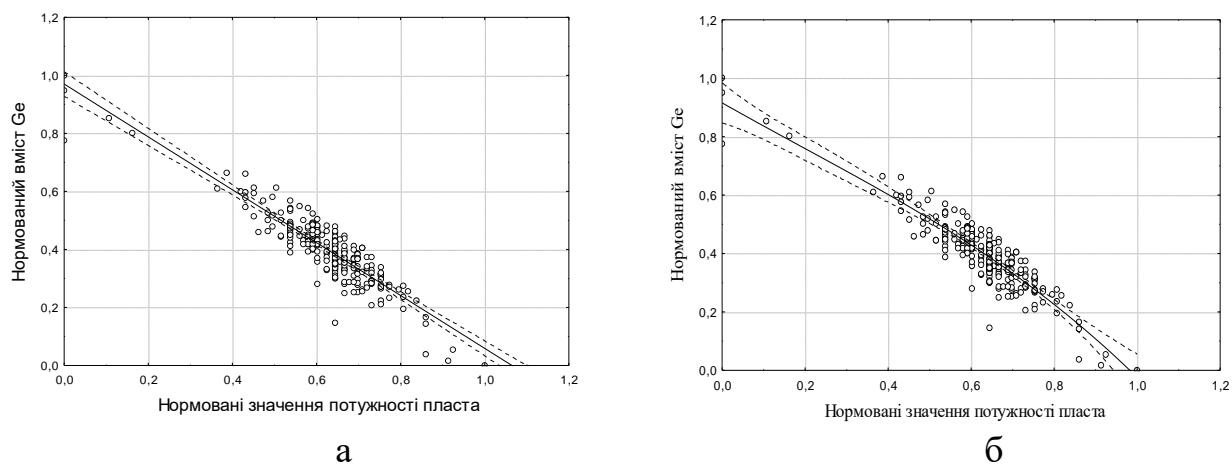


Рисунок 2 – Результат регресійного аналізу моделювання: а - лінійного зв’язку вмісту германію з потужністю вугільного пласта; б - поліноміального кубічного зв’язку вмісту германію з потужністю вугільного пласта

Висновки. Виконані дослідження дозволяють сформулювати наступні основні висновки: 1. Аналіз результату регресійного аналізу моделювання квадратичного зв’язку германію з зольністю вугілля пласта с₆ шахти «Ювілейна» чітко вказує на наявність зв’язку максимальних значень вмістів германію у вугіллі з інтервалом зольності в межах 5 – 10%, який відображує так званий «сорбційний оптимум». 2. Встановлено що за всіх інших рівних умов,

при зменшенні потужності пласта в цілому вклад збагачених германієм його ділянок у загальний вміст цього металу в розглянутому пласті буде збільшуватись. При цьому в окремих випадках, ці збагачені шари будуть з'єднуватись і весь вугільний пласт буде являти собою суцільну зону збагачення. Цим пояснюється приуроченість практично усіх аномально високих значень вмісту германію до ділянок пласта з потужністю не більше 0,4 м.

Список літератури

1. Козар, М.А., Ішков, В.В., Козій, Є.С., Стрельник, Ю.В. (2021). Токсичні елементи мінеральної та органічної складової вугілля нижнього карбону Західного Донбасу. *Геологічна наука в незалежній Україні: Збірник тез наукової конференції Ін-ту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України*, 55-58.
2. Nesterovskiy, V., Ishkov, V., Kozii, Ye. (2020). Toxic and potentially toxic elements in the coal of the seam c₈n of the "Blagodatna" mine of Pavlohrad-Petrovavlivka 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>
3. Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S., Chernobuk, O.I., Lozovyi, A.L. (2022). Results of dispersion and spatial analysis of the germanium distribution in coal seam c₈^b of Zahidno-Donbaska mine field (Ukraine). *Proceedings of the XXVIII International Scientific and Practical Conference. «Science and practice, actual problems, innovations», July 19-22, 2022, Milan, Italy*, 66-73. <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.1.28>
4. Ішков, В.В. (2009). Кобальт и ванадий в угле основных рабочих пластов Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района Донбасса. *Научный вестник НГУ*, (10), 48-53.
5. Ішков, В.В., Нагорный, В.Н. (2005). О закономерностях накопления ртути в угольных пластах Красноармейского геолого-промышленного района. *Научный вестник Національної гірничої академії України*, (2), 84-88.
6. Ішков, В.В. (2009). Мышьяк и фтор в угольных пластах Лисичанского геолого-промышленного района. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, 33(1), 5-6.
7. Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S. (2022). Nickel distribution in the oils of the Dnipro-Donetsk basin. *Сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции «Современные тенденции геологоразведочной и нефтяной инженерии», 14-15 апреля 2022 года, г. Алматы*, 161-166.
8. 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*, (46), 96-104. <https://doi.org/10.30836/igs.0375-7773.2019.208881>
9. Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S. (2020). Peculiarities of lead distribution in coal seams of Donetsk-Makiivka geological and industrial area of Donbas. *Tectonics and Stratigraphy*, (47), 77-90. <https://doi.org/10.30836/igs.0375-7773.2020.216155>
10. Ішков, В.В., Козій, Є.С. (2014). О распределении золы, серы, марганца в угле пласта с₄ шахты «Самарская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района. *Збірник наукових праць НГУ*, (44), 178-186.
11. Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S. (2021). Distribution of arsene and mercury in the coal seam k₅ of the Kapitalna mine, Donbas. *Mineralogical Journal*. 43(4), 73-86. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.073>
12. Козій, Є.С., Ішков, В.В. (2017). Класифікація вугілля основних робочих пластів Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району по вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів. *Геотехнічна механіка*, (136), 74-86.
13. Ішков, В.В., Козій, Є.С., Труфанова, М.О. (2020). Особенности онтогенезу уролітів жителів Дніпропетровської області. *Мінерал. журн.*, 42 (4), 50-59. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.04.050>
14. Ішков, В.В., Сердюк, Е.А., Слипенький, Е.В. (2003). Особенности применения методов кластерного анализа для классификации угольных пластов по содержанию токсичных и потенциально токсичных элементов (на примере Красноармейского геолого-промышленного района), *Сб. науч. тр. НГУ*, 19(1), 5-16.

15. Kozii, Ye.S. (2021). Toxic elements in the c_1 coal seam of the Blahodatna mine of Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial area of Donbas. *Geo-Technical Mechanics*, (158), 103-116. <https://doi.org/10.15407/geotm2021.158.103>
16. 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. *Geo-Technical Mechanics*, (159), 58-68. <https://doi.org/10.15407/geotm2021.159.058>
17. 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"*. 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)
18. Ишков, В.В., Лозовой, А.Л. (2001). О закономерностях распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в угольных пластах Павлоград – Петропавловского района // *Наук. вісник НГА України*, (2), 57-61.
19. Yerofieiev, A.M., Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S. (2021). Influence of main geological and technical indicators of Kachalivskiy, Kulychykhinskyi, Matlakhovskiy, Malosorochynskiy and Sofiiivskiy deposits on vanadium content in the oil. *International Scientific&Technical Conference «Ukrainian Mining Forum»*, 177-185.
20. Ишков, В.В., Козий, Е.С. (2021). Накопление Со и Мп на примере пласта c_5 Западного Донбасса как результат их миграции из кор выветривания Украинского кристаллического щита. *Материалы XVI Международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания «Россыпи и месторождения кор выветривания XXI века: задачи, проблемы, решения»*, 160-162.
21. Ishkov, V., Kozii, Ye. (2020). Distribution of mercury in coal seam c_7^H of Pavlohradskaya mine field. *Scientific Papers of DONNTU Series: "The Mining and Geology"*, 1(23)-2(24), 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)
22. Ishkov, V.V., Kozii, 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. *Geo-Technical Mechanics*, (133), 213-227.
23. Ишков, В.В., Козий, Е.С., Капшученко, Е.О., Стрельник, Ю.В. (2021). Попередні дані про особливості розповсюдження нікелю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна». *Міжнародна науково-практична конференція «Технології і процеси в гірництві та будівництві»*. ДонНТУ, 21-31.
24. Ишков, В.В., Козий, Е.С., Киричок, В.О., Стрельник, Ю.В. (2021). Перші відомості про розподіл свинцю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна». *Міжнародна науково-практична конференція «Технології і процеси в гірництві та будівництві»*. ДонНТУ, 76-86.
25. Ишков, В.В., Козий, Е.С., Завгородня, В.О., Стрельник, Ю.В. (2021). Перші дані про розподіл кобальту у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна». *Міжнародна науково-практична конференція «Технології і процеси в гірництві та будівництві»*. ДонНТУ, 55-64.
26. Valerii, I., Yevhen, K., Oleksandr, C., & Andrii, L. (2022). Results of dispersion and spatial analysis of the germanium distribution in coal seam c_8^b of Zahidno-Donbaska mine field (Ukraine). *Science and practice, actual problems, innovations*, (28), 66.
27. Ishkov, V., Kozii, Y., Chernobuk, O., Kozar, M., Pashchenko, P., Diachkov, P., Vladyk, D. (2022). Manifestation of the phenomenon of coal enrichment with germanium of low-powered areas of the seams of the Dniprovskaya mine (Ukraine) and the «Zylbermints law». *Scientific Collection «InterConf»*, 123, 225-235.
28. Ishkov, V., Kozii, Y., Kozar, M., Chernobuk, O., Pashchenko, P., Dreshpak, O., Vladyk, D. (2022). Creation of natural typing of sections of different thickness of the c_8^H coal seam of the «Dniprovskaya» mine (Ukraine) according to the germanium content. *Scientific Collection «InterConf+»*, 25 (125), 137-156.