

**Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії, Петрології, Геології та Геофізики:
фундаментальні і прикладні тренди XXI століття**

хімічних склад мають важливе значення. Але безпосереднього впливу на фізичні та технічні параметри руд і порід, на стійкість гірничих масивів хімічний склад не має. В зв'язку з цим при подальшій роботі авторів над побудовою 3D моделі стійкості гірничих масивів Первомайського та Ганнівського родовищ внесення хімічних показників можна вважати не обов'язковим.

Список використаних джерел:

- Євтехов В.Д. [1997]. Етапи формування комплексної мінерально-сировинної бази залізорудних родовищ Криворізько-Кременчуцького лінеаменту // Відомості Академії гірничих наук України. – №4. – С. 111-114.
- Євтехов В.Д., Тіхлівець С.В., Демченко О.С. [2019]. Дослідження геомеханічних умов і сейсмічної активності гірничих масивів та розробка ТЗ на спеціалізовану ГІС для Первомайського та Ганнівського кар'єрів ПАТ «ПівнГЗК» // Академія гірничих наук України. – 105 с.
- Євтехов В.Д., Тіхлівець С.В., Демченко О.С., Євтехов Є.В. [2020]. Вплив природних факторів на стійкість розкривних гірничих масивів Кривбасу. Мінералогічний фактор // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету. – 1-2 (43-44). – С. 68-80.
- Євтехов В.Д., Тіхлівець С.В., Євтехов Є.В. [2020]. Геологічні фактори утворення руд і гірських порід північного залізорудного району.—Метаморфізм.—//—Розвиток промисловості та суспільства / Міжнародна науково-технічна конференція. Матеріали конференції 17-20 листопада 2020 року. – Кривий Ріг. Видав.центр КНУ. – С. 59-61.
- Перегудов В.В., Евтехов В.Д., Паранько И.С. и др. [2006]. Формирование баз данных для компьютерного моделирования открытой разработки Анновского и Первомайского месторождений СевГОКа // Фонды Криворожского национального университета. – 75с.
- Тихливец С.В., Евтехов В.Д., Демченко О.С. и др. [2018]. Определение физических и технических свойств руд и вмещающих горных пород Первомайского месторождения, и разработка минералого-технической классификации руд / Заключительный отчет о НИР // Кривой Рог: Фонды Криворожского национального университета. – 170 с.
- Ludovít Kovanič, M.Sc., Peter Blišťan. [2014]. Quarry wall stability assessment using TLS method // Advanced Materials Research. – Vols. 1044-1045.– pp 603-606 (in Slovakia)

**КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ ВМІСТУ ГЕРМАНІЮ З
ПОТУЖНІСТЮ ТА ЗОЛЬНІСТЮ ВУГІЛЬНОГО ПЛАСТА C₈^H ШАХТИ
«ДНІПРОВСЬКА»**

Ішков В.В., Козій Є.С.

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
Дніпро, ishwishw37@gmail.com; koziy.es@gmail.com*

The article presents the results of regression and correlation analysis of the concentration of germanium with thickness and ashiness in the coal seam c₈^H of the Dniprovsk mine. The analysis of the result of the regression analysis of the modeling of the quadratic relationship of germanium with the ash content indicates the existence of a relationship between the maximum values of the germanium content in coal and the ash content interval within 5-10 %, which reflects the so-called "sorption optimum". It was established that, all other conditions being equal, with a decrease in the thickness of the formation as a

whole, the contribution of its areas enriched in germanium to the total content of this metal in the considered formation will increase.

CORRELATION-REGRESSION ANALYSIS OF GERMANIUM CONTENT WITH THICKNESS AND ASHITY OF COAL SEAM c_8^H OF DNIPROVSKA MINE

Ishkov V.V., Kozii Ye.S.

Вступ. Актуальність дослідження вмісту германію у вугільних пластах обумовлена можливістю його промислового вилучення та використання в якості цінного попутного компонента.

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 «малих елементів» або елементів – домішок вугілля, котрі повинні обов'язково – досліджуватись – в процесі геологорозвідувальних робіт, що виконуються на вугільних родовищах України.

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 елементу у вугіллі і вуглевміщуючих породах. З метою одержання такої інформації авторами були виконані детальні дослідження розподілу германія по площі і в розрізі вугільного пласта c_{10}^B поля шахти «Дніпровська».

Останні досягнення. Раніше, були досліджені особливості розподілу «малих елементів», які відносяться до групи «токсичних та потенційно токсичних елементів» у вугільних пластах деяких шахт Павлоградсько-Петропавлівського, Красноармійського та Донецько-Макіївського геолого-промислових районів Донбасу (Ishkov, 2019; Kozar, 2021; Kozii, 2017; Kozii, 2018; Kozar, 2020). У той же час, аналіз розподілу германію у вугільному пласті c_8^H поля шахти «Дніпровська» раніше не виконувався.

Мета роботи: встановлення зв'язку між вмістом германію та потужністю і зольністю вугільного пласта c_8^H поля шахти «Дніпровська».

Методика досліджень. Особливістю проведених досліджень була неможливість безпосереднього спостереження геологічних процесів. У таких випадках розгляд їх динаміки традиційно виконується шляхом порівняння статистичних даних й аналізу картографічних матеріалів стосовно розподілу хімічних елементів в об'єктах які розглядаються. Потім отримані результати осмислюються з урахуванням фізико-хімічних й геологічних особливостей. Тобто, отримання інформації стосовно розподілу хімічних елементів в геологічних об'єктах є першим етапом дослідження, що йде від узагальнення фактичного матеріалу, через його теоретичне осмислення до перевірки виявлених закономірностей дослідним шляхом.

Проби відбиралися в гірських виробках (пластові проби, відібрані борозновим способом і з дублікатів керна особисто авторами за участю співробітників геологічних служб вугледобувних підприємств і виробничих геологорозвідувальних організацій в період з 1981р. по 2013р. Обсяг контрольного випробування склав 5% від загального обсягу проб. Всі аналітичні роботи виконувалися в центральних сертифікованих лабораторіях виробничих геологорозвідувальних організацій. Вміст германію

Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії, Петрології, Геології та Геофізики: фундаментальні і прикладні тренди XXI століття

визначався кількісним емісійним спектральним аналізом. На внутрішній лабораторний контроль направлено 7% дублікатів проб. Зовнішньому лабораторному контролю піддано 10% дублікатів проб. Якість результатів аналізів (правильність і відтворюваність) оцінювалася як значимість середньої систематичної похибки, яка перевіряється за допомогою критерію Стьюдента і значимість середньої випадкової похибки, яка перевіряється за допомогою критерію Фішера. Оскільки вказані вище похибки при рівні значимості 0,95 є не значимими, якість аналізів визнано задовільною.

За допомогою програм Excel 2016 і Statistica 11.0 на початковому етапі обробки первинної геохімічної інформації розраховувалися значення основних описових статистичних показників, виконувалась побудова частотних гістограм вмісту і встановлення закону розподілу германію. В ході побудови графіків і розрахунку коефіцієнтів кореляції всі значення концентрацій германію й технологічних параметрів вугілля нормувались за формулою:

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

де: X_i – результат одиничного значення концентрації елемента;

X_{max} – результат максимального значення концентрації елемента;

X_{min} – результат мінімального значення концентрації елемента.

Нормування здійснювалося для приведення вибірки до одного масштабу незалежно від одиниць виміру та розмаху вибірок.

В даній роботі основними задачами вивчення особливостей розподілу германію у вугільному пласті c_8^H поля шахти «Дніпровська» були: ревізія раніше виконаних досліджень; формування представницьких вибірок аналізів його вмісту; встановлення середніх концентрацій цього елемента у вугіллі, встановлення зв'язку між вмістом германію та потужністю і зольністю вугільного пласта c_8^H поля шахти «Дніпровська».

Результати досліджень. В адміністративному плані шахта знаходиться на території Павлоградського району Дніпропетровської області України. В геолого-промисловому відношенні поле шахти «Дніпровська» розташовано в межах Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Західного Донбасу, що знаходиться на південно-західному борті Дніпровсько-Донецької западини. Геологічна будова поля шахти складна. Широко розвинуті розривні та складчасті дислокації. Товща осадових порід пологим моноклінальним заляганням з падінням на північний схід під кутом 2 - 5°.

Зв'язок вмісту германію з зольністю вугілля згідно результатів аналізів загальної вибірки за шкалою Чедока враховуючі дані кореляційного (лінійного Пірсона -0,12, та непараметричних Спірмена -0,07, Кендела -0,05 і гамма -0,05) та регресійних аналізів є зворотній і помірний, але треба враховувати що він при довірчому інтервалі 0,99 є статистично значущим. На рис. 1а наведено графік результату регресійного аналізу моделювання лінійного зв'язку вмісту германію з зольністю вугілля. Рівняння регресії у цій моделі $Ge = 0,3747 - 0,1437 \cdot Ad$, але на нашу думку більш адекватна квадратична модель, її графік наведено на рис. 1б, а розраховане рівняння регресії $Ge = 0,3376 + 0,1597 \cdot Ad - 0,4258 \cdot Ad^2$.

Аналіз результату регресійного аналізу моделювання квадратичного зв'язку германію з 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» (Волков, 1997; Edward, 1989).

**Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії, Петрології, Геології та Геофізики:
фундаментальні і прикладні тренди XXI століття**

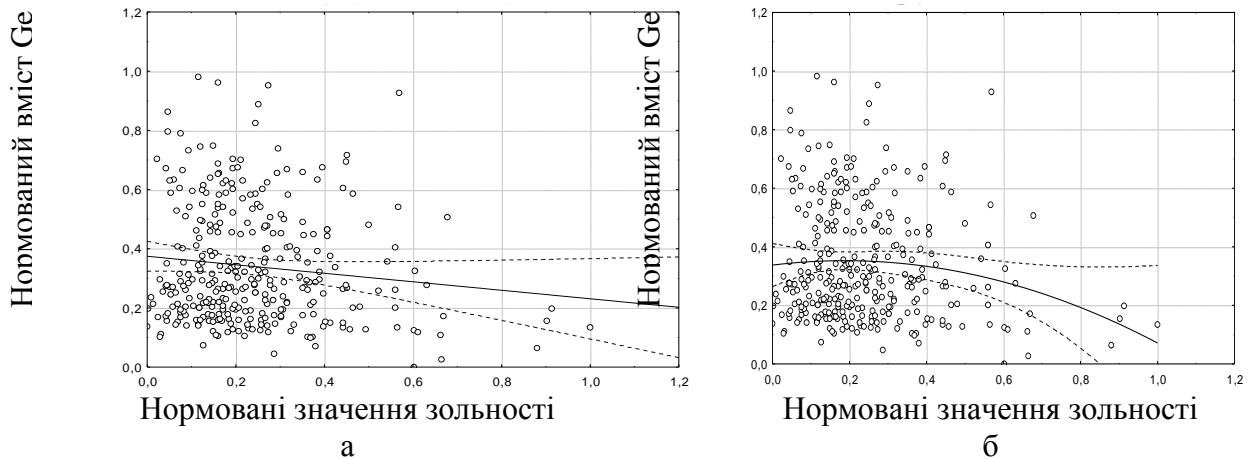


Рисунок 1. Результат регресійного аналізу моделювання: а – лінійного зв'язку германію з зольністю вугілля; б – квадратичного зв'язку германію з зольністю вугілля

Зв'язок вмісту германію з потужністю вугільного пласта згідно результатів аналізів загальної вибірки за шкалою Чедока враховуючі дані кореляційного (лінійного Пірсона $-0,94$, та непараметричних Спірмена $-0,95$, Кендела $-0,84$ і гамма $-0,86$) та регресійних аналізів є зворотній і дуже високий, при довірчому інтервалі $0,99$ він є статистично значущим. На рис. 2а наведено графік результату регресійного аналізу моделювання лінійного зв'язку вмісту германію з потужністю вугільного пласта. Рівняння регресії для цієї моделі $Ge = 1,0835 - 1,1614 \cdot m$, але на нашу думку більш придатна для інтерпретації у геологічних поняттях поліноміальна кубічна модель, її графік наведено на рис. 2б, а розраховане рівняння регресії $Ge = 0,987 + 0,1291 \cdot m - 3,3477 \cdot m^2 + 2,357 \cdot m^3$. При аналізі цієї регресійної моделі з одночасним урахуванням вихідних даних як значень вмісту германію, так і значень потужності пласта, зольності і вмісту сірки загальної у вугіллі, а також результати попередніх досліджень (Ішков, 2019; Козар, 2021; Козій, 2017; Козій, 2018; Козар, 2020) 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) приконтактних зон вугільних пластів. Потужність таких шарів звичайно не перевищує $0,2m$. 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 (Козар, 2021). 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 $0,4m$.

**Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії, Петрології, Геології та Геофізики:
фундаментальні і прикладні тренди XXI століття**

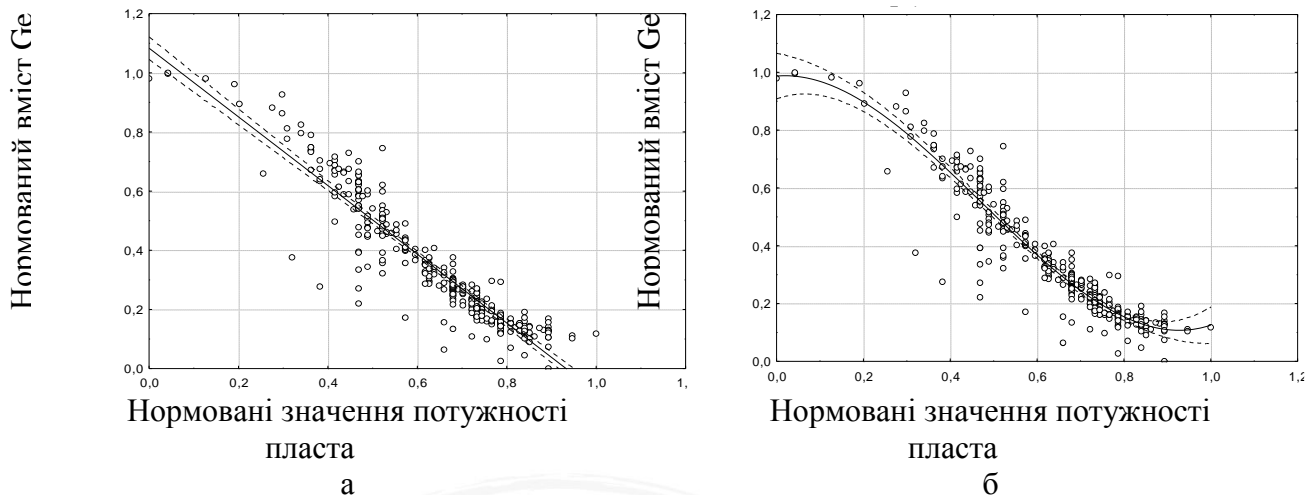


Рисунок 2. Результат регресійного аналізу моделювання: а – лінійного зв'язку вмісту германію з потужністю вугільного пласта; б – поліноміального кубічного зв'язку вмісту германію з потужністю вугільного пласта

Висновки. Виконані дослідження дозволяють сформулювати наступні основні висновки: 1. Аналіз результату регресійного аналізу моделювання квадратичного зв'язку германію з зольністю вугілля пласта c_8^H шахти «Дніпровська» 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 0,4м.

Список використаних джерел:

- Волков В.Н., Полеховский Ю.С., Сергеев А.С., Тарасова И.П. [1997]. Введение в металлогению горючих ископаемых и углеродсодержащих пород // Учеб, пособие. – СПб.:Издательство С.-Петербургского университета. – 248 с.
- Ішков В.В., Козій Є.С. [2019]. Кластерний аналіз вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів у вугільних пластах Красноармійського геолого-промислового району Донбасу // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Форум гірників» до 120 річчя заснування університету. – 26-27 вересня 2019 р. – Дніпро. – С. 241-251.
- 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. – Київ. – С. 55-58.
- 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. – С. 74-86.
- Козій Є.С. [2018]. Миш'як, берилій, фтор і ртуть у вугіллі пласта c_8^B шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району // Вісник Дніпропетровського університету. Геологія-Географія. – № 26 (1). – С. 113-120.
- Edward H. [1989]. An Introduction to Applied Geostatistics Edward // New York: Oxford University Press. – 561 p.

**Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії, Петрології, Геології та Геофізики:
фундаментальні і прикладні тренди XXI століття**

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. Geocology. – 29(4). – 722–730. <http://doi: 10.15421/112065>

**ПЕРСПЕКТИВИ ЗАЛУЧЕННЯ ЩОРСІВСЬКОГО РОДОВИЩА УРАНУ ДО
ЄДИНОЇ СИСТЕМИ ВІДПРАЦЮВАННЯ УРАНОВОРУДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Калашник Г.А.

*Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький,
kalashnik_anna1@ukr.net*

The results of the complex interpretation of the geological and geophysical materials of the Shchorsivske uranium deposit and the surrounding areas are presented. The significant prospects of involving the Shchorsivske uranium deposit in the unified system of working out uranium ore objects in the Kirvogradska tectono-metasomatic zone have been substantiated. It was concluded that the exploitation of the Shchorsivske deposit will significantly strengthen the raw material base of the Ingulska mine with significantly reduced capital investments.

**PROSPECTS FOR INVOLVING THE SHORSIVSKE URANIUM DEPOSIT IN THE
UNIFIED SYSTEM OF DEVELOPMENT OF URANIUM-MINING OBJECTS**

Kalashnyk G.A.

Вступ. На даний момент в Україні переважна частка запасів урану зосереджена в родовищах альбітитового типу, накопичений унікальний досвід в проведенні пошуків, розвідки та розробки родовищ урану даного промислового типу. Більшість родовищ розташована в межах Інгульського мегаблоку Українського щита (УЩ), особливо в Кіровоградському рудному районі. Уранова мінералізація переважно локалізується в альбітитах, склад яких визначається потужністю лужного метасоматозу і типами структурних пасток.

По всій Кіровоградській тектоно-метасоматичній зоні утворені три основні урановорудних вузла: Лелеківський – на півночі, Мічурінський – в його центральній частині, Компаніївський – на півдні. В межах цих рудних вузлів виявлені промислові родовища урану, серед яких два родовища: Мічурінське і Центральне понад 35 років успішно розробляються підприємствами СхідГЗК Міністерства енергетики та вугільної промисловості України і мають практично відпрацьовані балансові запаси. Передбачається виведення діючих Інгульської та Центральної шахт з експлуатації до 2025 року. Нині назріває небезпека загальної енергетичної кризи, що пов'язано насамперед з відмовою від вуглеводневої сировини країни-агресора. З'являються певні негативні тенденції щодо можливої сировинної кризи і подальшого розвитку вітчизняної ядерної енергетики. Однією з ключових умов вирішення цих проблем є стабілізація діючого виробничого потенціалу урановопереробної промисловості України з поетапним нарощуванням потужностей з виробництва урану. Окрім відпрацювання Новокосянтинівського родовища це потребує також оцінки та нарощування потенціалу Лелеківського, Мічуринського урановорудних полів з метою