

## ПРО РОЗПОДІЛ ГЕРМАНІЮ У ВУГІЛЬНОМУ ПЛАСТІ $c_8^B$ ПОЛЯ ШАХТИ «ЗАХІДНО-ДОНБАСЬКА»

<sup>1</sup>Ішков В.В., канд. геол.-мін. наук, с.н.с., <sup>2</sup>Козій Є.С. канд. геол. наук,  
<sup>2</sup>Сливний С.О.

<sup>1</sup>Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро,  
Україна

<sup>2</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро,  
Україна

**Анотація.** У роботі викладені результати аналізу розподілу германію по площі і в розрізі вугільного пласта  $c_8^B$  поля шахти «Західно-Донбаська». Побудовані карти та розраховані рівняння регресії дають можливість виконувати прогноз концентрації цього елемента в видобуваємії гірничій масі і планувати заходи направлені на управління його вмістом в продуктах та відходах вуглевидобутку.

**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+С<sub>1</sub> зосереджено у вугільних родовищах, які розташовані головним чином в межах Приморського, Забайкальського, Красноярського країв, а також Сахалінської і Кемеровської областей).

Використання германію у різних галузях досить різноманітне. Як компонент для отримання скла в оптоволоконній техніці використовується  $GeCl_4$ . Оксид германію з чистотою до 99,999% застосовується в каталізаторах для полімеризації РЕТ-пластмас (Poly Ethylene Terephthalate, або поліетіленфтолатної смоли), а особливо чистий - у виробництві кристалів ВГО ( $Bi_{14}Ge_3O_{12}$ ) сцинтиляційних датчиків фотонів високих енергій. Напівпровідникові властивості германію знову затребувані в електронних приладах і сонячних перетворювачах, а також в Si-Ge з'єднаннях. У приладах нічного бачення в ІК-діапазоні застосовуються полі- і монокристалічні вікна і лінзи, виготовлені з монокристалів Ge. Останнім часом германій починає набувати застосування і в біогеохімії та медицині. Було встановлено його підвищений вміст в багатьох лікарських рослинах, здатність надавати протипухлинну, антисептичну дію.

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 елемента у вугіллі і вуглевміщуючих породах. З метою одержання такої інформації авторами були виконані детальні дослідження розподілу германія по площі і в розрізі вугільного пласта  $c_8^B$  поля шахти «Західно-Донбаська».

**Останні досягнення.** Раніше [1-11] досліджені особливості розподілу «малих елементів», які відносяться до групи «токсичних та потенційно токсичних елементів» у вугільних пластах деяких шахт Павлоградсько-Петропавлівського та Красноармійського [1-11] геолого-промислових районів Донбасу. У той же час, аналіз розподілу германію у вугільному пласті  $c_8^B$  поля шахти «Західно-Донбаська» раніше не виконувався.

**Мета роботи:** встановлення особливостей розподілу германію по площі і в розрізі вугільного пласта  $c_8^B$  поля шахти «Західно-Донбаська».

**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 [13] 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  $Be$  визначався кількісним емісійним спектральним аналізом [14]. 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.

При оцінці зв'язку германію з органічною або мінеральною частиною вугілля використовувалися коефіцієнти спорідненості з органічною речовиною  $F_o$ , що показує відношення вмісту елементів у вугіллі з малою ( $<1,6$ ) і високою щільністю ( $>1,7$ ), коефіцієнти наведеної концентрації  $F_{нк}$ , що показують відношення вмісту елементів у фракції  $i(C_i)$  до вмісту у вихідному вугіллі, коефіцієнти кореляції вмісту досліджуваних елементів і зольності вугілля і коефіцієнти наведеного вилучення елемента у фракції різної щільності.

При побудові всіх карт використовувалася програма Surfer 11. В ході побудови карт, 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;  $X_{\text{max}}$  – результат максимального значення концентрації елемента;  $X_{\text{min}}$  – 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  $c_8^B$  поля шахти «Західно-Донбаська» були: ревізія раніше виконаних досліджень; формування представницьких вибірок аналізів його вмісту; встановлення середніх концентрацій цього елемента у вугіллі, встановлення закономірностей його розподілу у вугільному пласті  $c_8^B$  і зв'язок з іншими «малими елементами» - домішками у вугіллі.

**Результати досліджень.** В геолого-промисловому відношенні поле шахти «Західно-Донбаська» розташовано в межах Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Західного Донбасу, що знаходиться на південно-західному борті Дніпровсько-Донецької западини. На полі шахти «Західно-Донбаська» концентрація германію у вугіллі пласта  $c_8^B$  варіює в межах від 0,16 г/т до 9,48 г/т (рис. 1 а), при середньому значенні - 5,49 г/т. Найбільша локація германію знаходиться у південній частині шахтного поля в районі свердловини №14336. Вміст цього елемента значимо не залежить від глибини, потужності пласта та вмісту сірки загальної у вугіллі. Регіональна складова його вмісту зростає в напрямку зворотному падінню пласта в південно-західному напрямку (рис. 1 б). Спостерігається тісна зворотна статистична залежність між

В  
М  
і

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів, які характеризують ступінь впливу кожного із факторів на розподіл германію

о  
М

Фактори	Значення коефіцієнта
Потужність пласта	0,034
Зольність	0,960
Вміст сірки загальної	0,006

Г  
е  
р  
М  
а  
Н  
і

ю

і

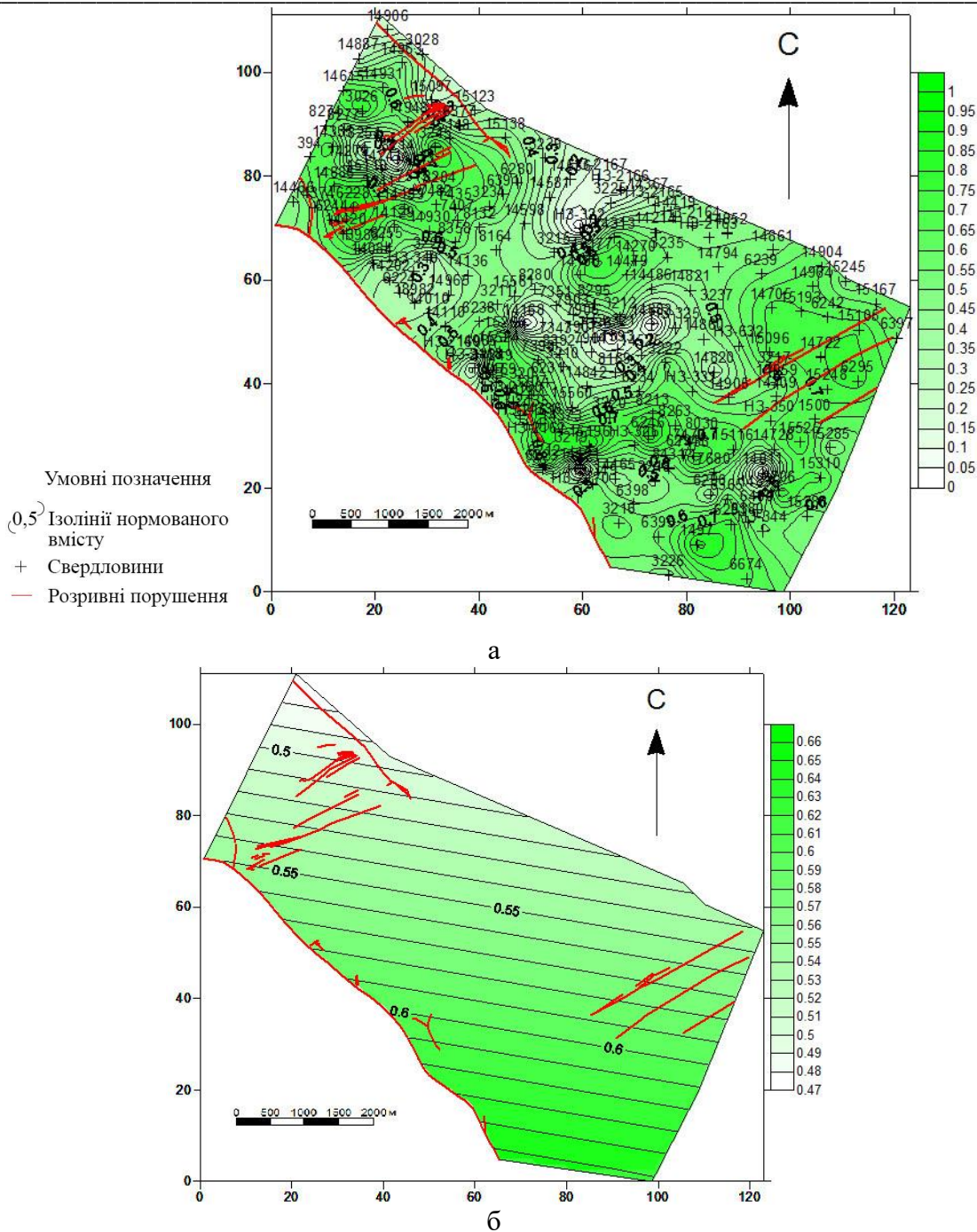


Рисунок 1 - Карта ізоконцентрат (а) та карта зміни регіональної складової (б) нормованого вмісту германію у вугільному пласті  $c_8^B$  (ш. Західно-Донбаська)

**Основні висновки:** 1) регіональна складова загального вмісту германію збільшується в північно-східному напрямку; 2) вміст германію не залежить від напрямку падіння пласта, сучасної глибиною його залягання, потужністю та сірки загальної у вугіллі; 3) зворотній зв'язок концентрації досліджуваного елемента з зольністю пласта, а отже, його зв'язок з органічною складовою вугілля 4) встановлено тісний зворотній зв'язок між вмістом германію та концентрацією фтору у пласті.

Основна практична цінність виконаних досліджень полягає у побудові карт вмісту германію і розрахунку рівнянь регресії, які дають можливість виконати



середньо- і довготерміновий прогноз вмісту цього елементу у видобуваємій гірничій масі і планувати наступні технічні та організаційні заходи направлені на управління його вмістом в продуктах і відходах вуглевидобутку. Основне наукове значення отриманих результатів полягає у встановленні для розглянутого шахтопласту характеру розподілу германію, що вірогідно має полігенний і поліхронний характер накопичення.

Список літератури

1. Ішков, В.В., Козій Є.С. (2017). Про розподіл токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта с<sub>7</sub><sup>н</sup> шахти «Павлоградська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району. *Вісник Київського національного університету. Геологія.* (79), 59 – 66.
2. Козій, Є.С. (2018). Миш'як, берилій, фтор і ртуть у вугіллі пласта с<sub>8</sub><sup>в</sup> шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району. *Вісник Дніпропетровського університету. Геологія-Географія.* (26 (1)), 113–120. <https://doi.org/10.15421/111812>
3. Нестеровський, В.А., Ішков, В.В., Козій, Є.С. (2020). Токсичні і потенційно токсичні елементи у вугіллі пласта с<sub>8</sub><sup>н</sup> шахти «Благodatна» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району. *Вісник Київського національного університету. Геологія,* 88(1), 17-24. DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.88.03>
4. 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- Makiiivka geological and industrial district of the Donbas. *Journ. Geol. Geograph. Geoecology,* 29(4), 722–730. <http://doi:10.15421/112065>
5. Ішков, В.В., Козій, Є.С. (2019). Аналіз розповсюдження хрому і ртуті в основних вугільних пластах Красноармійського геолого-промислового району. *Вид-во ІГН НАН України. Серія тектоніка і стратиграфія,* (46), С. 96-104.
6. Ішков, В.В., Козій, Є.С. (2020). Деякі особливості розподілу берилію у вугільному пласті k<sub>5</sub> шахти «Капітальна» Красноармійського геолого-промислового району Донбасу. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки,* Т. 25, вип. 1(36), 214-227.
7. Ішков, В.В., Козій, Є.С. (2020). Особливості розподілу свинцю у вугільних пластах Донецько-Макіївського геолого-промислового району Донбасу. *Вид-во ІГН НАН України. Серія тектоніка і стратиграфія,* (47), 77-90.
8. Козій, Є.С. (2017). Особливості розподілу токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта с<sub>10</sub><sup>в</sup> шахти «Сташкова» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району. *Геотехнічна механіка,* (132), 157-172.
9. Ішков, В.В., Козій, Є.С. (2020). Розподіл ртуті у вугільному пласті с<sub>7</sub><sup>н</sup> поля шахти «Павлоградська». *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-геологічна»,* 1(23)-2(24), 26-33.
10. 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.
11. Ішков, В.В. Козій, Є.С. (2017). Про розподіл токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта с<sub>10</sub><sup>в</sup> шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу. *Геотехнічна механіка,* (133), 213-227.
12. Козій, Є.С., Ішков, В.В. (2018). Особливості розподілу токсичних і потенційно токсичних елементів в основних вугільних пластах по розрізу Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу. *Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників»,* 194-203.

13. ГОСТ 9815-75 (1975). Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Метод отбора пластовых проб. Москва: Изд-во стандартов.

14. ГОСТ 28974-91 (1991). Угли бурые, каменные и антрациты. Методы определения бериллия, бора, марганца, бария, хрома, германия, никеля, кобальта, свинца, галлия, ванадия, меди, цинка, молибдена, иттрия и лантана. Москва: Изд-во стандартов.

## **ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ВИДОБУТКУ МЕТАНУ ЧЕРЕЗ ПОВЕРХНЕВІ СВЕРДЛОВИНИ ПНЕВМОГІДРОДИНАМІЧНОЮ ДІЄЮ**

*<sup>1</sup>Притула Д.О., магістр, <sup>1</sup>Агаєв Р.А., канд. техн. наук, <sup>1</sup>Власенко В.В., канд. техн. наук, <sup>1</sup>Дудля К.Є., канд. техн. наук, <sup>1</sup>Клюєв Е.С. канд. техн. наук  
<sup>1</sup>Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна.*

**Анотація.** В роботі встановлено вплив гірничо-геологічних умов на видобуток метану через поверхневі свердловини за допомогою пневмогідродинамічної дії на газонасичений вуглепородний масив. При обробці даних використовували аналітичні методи математичної статистики. Отримано послідовність породних шарів з певним співвідношенням їх товщини.

**Вступ.** В сучасних умовах потреба України в природному газі задовольняється за рахунок власного видобутку лише наполовину. Тому велика увага приділяється позабалансовим джерелам енергії, серед яких велике значення займає метан вугільних родовищ (МВР), запаси якого, в перерахунку на умовне паливо, займають четверте місце в світі після нафти, вугілля і природного газу.

Видобуток метану при розробці вугільних родовищ передбачає буріння поверхневих дегазаційних свердловин (ПДС) з врахуванням таких параметрів: газомісткість вугільних пластів, їх глибина залягання і товщина, зольність, петрографічний склад вугілля і ступінь метаморфізму, тектоніка родовищ, геодинамічних стан вугленосної товщі, фізичні характеристики вугільних пластів і пластів-колекторів, наявність зон підвищеної проникності.

Однак цього недостатньо для забезпечення високого рівня видобутку метану зі свердловин. Однією з основних причин низького дебіту ПДС і малого їх терміну експлуатації є кольматація порового простору присвердловинної зони, яка утворюється при поглинанні бурового розчину в процесі буріння свердловин, і визначається процесами, що протікають навколо ПДС, викликаними впливом гірського тиску у вуглепородному масиві. Це в підсумку і призводить до закупорки техногенних і природних тріщин і пор, а, отже, до припинення функціонування ПДС і її ізоляції від частини масиву, що недегазується [1].

Проблема видобутку МВР через ПДС ускладнюється ще й тим, що в умовах Донбасу пластовий тиск, зазвичай нижче гідростатичного тиску рідини, що унеможливорює застосування гідродинамічних способів впливу і також сприяє замиканню газу в порах і тріщинах продуктивних газоносних горизонтів.