

УДК 549

**В.В. ШКОВ**

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна  
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна

**О.С. БАСКЕВИЧ**

Український державний хіміко-технологічний університет, Дніпро, Україна

**Є.С. КОЗІЙ**

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

**О.С. ДРЕШПАК, Т.М. КАС'ЯНЕНКО**

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

**ВПЛИВ БУРОВИБУХОВИХ РОБІТ НА РОЗМІРИ ЕЛЕМЕНТАРНОЇ  
КОМІРКИ КРИСТАЛІЧНОЇ ГРАТКИ КВАРЦУ СИНЯВСЬКОГО  
РОДОВИЩА ГРАНІТІВ**

*У статті приведені результати досліджень особливостей тонкої кристалічної структури кварцу гранітів Синявського родовища відібраних до і після буровибухових робіт. Розміри елементарної комірки (параметрів «а» і «с») кристалічної ґратки кварцу із кожного продукту магнітної сепарації гранітів до і після проведення вибухових робіт дозволили встановити явище їх зростання, яке відбувається під термодинамічним впливом вибухів що проводяться при розробці «Синявського» родовища.*

**Ключові слова:** граніти, кварц, кристалічна ґратка, рентгенівська дифрактограма, буровибухові роботи.

**Постановка проблеми та мета досліджень.** Синявське родовище гранітів розташоване у Рокитнянському районі Київської області, на правому березі р. Рось на землях Синявської сільської Ради, на північній околиці смт. Синява Київської області. У геотектонічному відношенні територія району робіт розташована в межах Росинсько-Тікицької структурно-фаціальної зони. Синявське родовище гранітів відноситься до інтрузивних утворень Уманського ультраметаморфічного комплексу.

Добре відомо [1], що механічні та фізико-хімічні властивості кристалічних фаз безпосередньо пов'язані з особливостями симетрії їх структури, складом, характером зв'язків їх структурних елементів та дефектів їхньої реальної кристалічної структури, топографією їх на поверхні та топографією їх розподілу в обсязі аналізованої фази. При вивченні міцності та інших фізико-механічних властивостей твердого тіла

все частіше звертаються до вивчення таких недосконалостей структури, як мікроспотворення кристалічних ґрат і дисперсність областей когерентного розсіювання рентгенівських променів (ОКР, по іншому — кристалітів) — так званої тонкої кристалічної структури (по іншому — субструктури мінералів).

В останні роки в деяких країнах проводиться широкий комплекс досліджень з використанням нетрадиційних (немеханічних) фізичних та фізико-хімічних методів впливу на мінерали та мінеральні суспензії для підвищення контрастності фізико-хімічних та технологічних властивостей мінералів і, як наслідок, ефективності поділу мінеральних компонентів при збагаченні руд складного речовинного складу [1]. Так за даними інфрачервоної Фур'є-спектроскопії в результаті імпульсного впливу відзначалися незначні зміни структури кристалів алмазу, що проявляються у збільшенні концентрації дефектів мікророзривної природи, представлених міжвузловими вуглецевими атомами - плеїтлетс або В2 [2-3]. Подібні структурні зміни зафіксовані за систематичним збільшенням коефіцієнта поглинання лінії ІЧ-спектру близько  $1365\text{ см}^{-1}$ , обумовленої В2-дефектами, зі зростанням тривалості обробки короткими (наносекундної тривалості  $\sim 1-10\text{ нс}$ ) електромагнітними імпульсами. При цьому переважно нові В2-дефекти утворювалися в зразках з підвищеним відносним вмістом азотних В-дефектів, що становить 35-65% загального вмісту домішки азоту в кристалах. У роботах [1-5] В-дефекти представлені тетраедрично згрупованими навколо вакансії атомами азоту, які замінюють вуглець алмазних ґрат.

Попередні дослідження авторів фокусувались на аналізі розподілу мікроелементного складу вугілля Донбасу [6]. Також була розроблена методологія для класифікації вугільних родовищ [7] та нафтових полів Дніпровсько-Донецької западини за вмістом різних мікроелементів [8-9]. Інші дослідження були зосереджені на аналізі розподілу германію в окремих

вугільних шарах Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу [10-12]. Але до теперішнього часу особливості тонкої кристалічної структури кварцу із гранітів Синявського родовища відібраних до і після буровибухових робіт не розглядалися.

Таким чином, метою цієї роботи є дослідження впливу буровибухових робіт на субструктуру кварцу із гранітів Синявського родовища. Така робота виконується вперше.

Об'єкт дослідження – граніти Синявського родовища.

Предмет дослідження – особливості тонкої кристалічної структури (субструктури) кварцу із гранітів Синявського родовища відібраних до і після буровибухових робіт.

**Матеріали та методи дослідження** склали проби гранітів Синявського родовища відібрані безпосередньо із однієї ділянки в кар'єрі родовища «Синявське» ТДВ «Рокитнянський спецкар'єр» з малотріщинуватого, майже монолітного масиву до проведення буровибухових робіт і із породи гірської дробленої вже після буровибухових робіт. Для отримання мінімально необхідної та достатньої кількості мономінеральних фаз отримані проби були піддані магнітній сепарації на трьохроликовому сепараторі РСТ із довжиною роликів 100 мм. В результаті було отримано з проб гранітів відібраних до буровибухових робіт та з проб після проведення буровибухових робіт відповідно по чотири фракції, що істотно відрізняються за своїми магнітними властивостями (наведені послідовно із зменшенням своїх магнітних властивостей): 1) фракція з барабана магнітного сепаратору; 2) фракція з нижнього ролика; 3) фракція з верхнього ролика; 4) немагнітна фракція.

Далі всі проби послідовно піддавалися рентгеноструктурному аналізу, який було виконано на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-3 у монохроматизованому Со-К- $\alpha$  випромінюванні ( $\lambda = 1.7902\text{\AA}$ ). Ідентифікація мінеральних з'єднань (фаз) проведена вручну, шляхом порівняння

міжплощинних відстаней ( $d$ , Å) та відносних інтенсивностей ( $I_{\text{отн}}/I_0$ ) експериментальної кривої з даними електронної картотеки PCPDFWIN. Всі рентгенофазові дослідження проводилась на кутах 10-90 град, при кроці 0,1 град з витримкою 5 с. В результаті проведених досліджень були побудовані рентгенівські дифрактограми загальних проб граніту до і після вибуху, а також проб граніту після магнітної сепарації по усім чотирьом її продуктам також до і після вибуху.

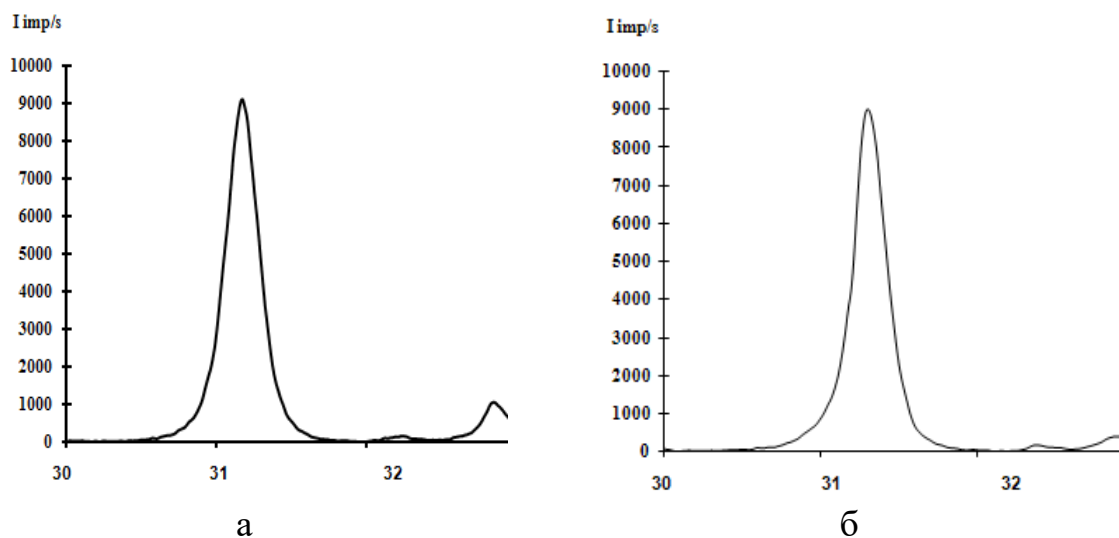
Рентгеноструктурні дослідження проводилась на кутах 10-90 град, при кроці 0,01 град з витримкою 15 с. В результаті проведених досліджень були побудовані рентгенівські дифрактограми кварцу по 2 кристалографічним площинам (відображенням рентгенівських променів): 101 і 221.

Безпосередньо за даними рентгеноструктурного дослідження по всім пробам були розраховані розміри елементарної комірки кристалічної ґратки кварцу.

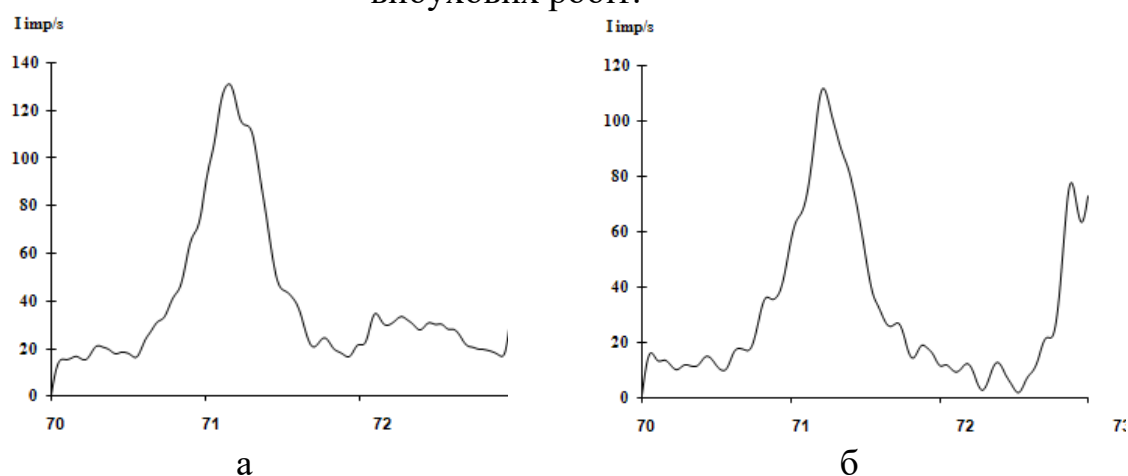
**Результати досліджень та їх обговорення.** Аналіз результатів рентгенофазових досліджень загальних проб гранітів до та після вибухових робіт свідчать про їх належність до типових гранітів Синявського родовища, а саме першої фази інтрузивних утворень Уманського ультраметаморфічного комплексу (так званих «Антонівських гранітів») – мікроклінізованих рівномірнотермічних біотитових гранітів. Деякі варіації їх мінерального складу, на думку авторів, з огляду на сучасні уявлення про умови утворення цих головних, породоутворюючих мінеральних фаз, не можуть бути пов'язані із виконанням вибухових робіт. Найвірогідніше це прояв локальної анізотропії мінерального складу у відібраних для дослідження зразках.

Попарне послідовне порівняння та аналіз особливостей форми рентгенівських дифрактограм кварцу по відповідним кристалографічним площинам (рис. 1-2) із однойменних продуктів проб до і після вибухових робіт показує наявність деяких відмінностей, що дозволяє припустити

можливість появи змін тонких особливостей кристалічної ґратки, а саме розмірів елементарної комірки під термодинамічним впливом вибухових робіт.



**Рис. 1.** Рентгенівська дифрактограма кварцу по кристалографічній площині 101 із продукту «барабан МС»; а – до вибухових робіт, б- після вибухових робіт.

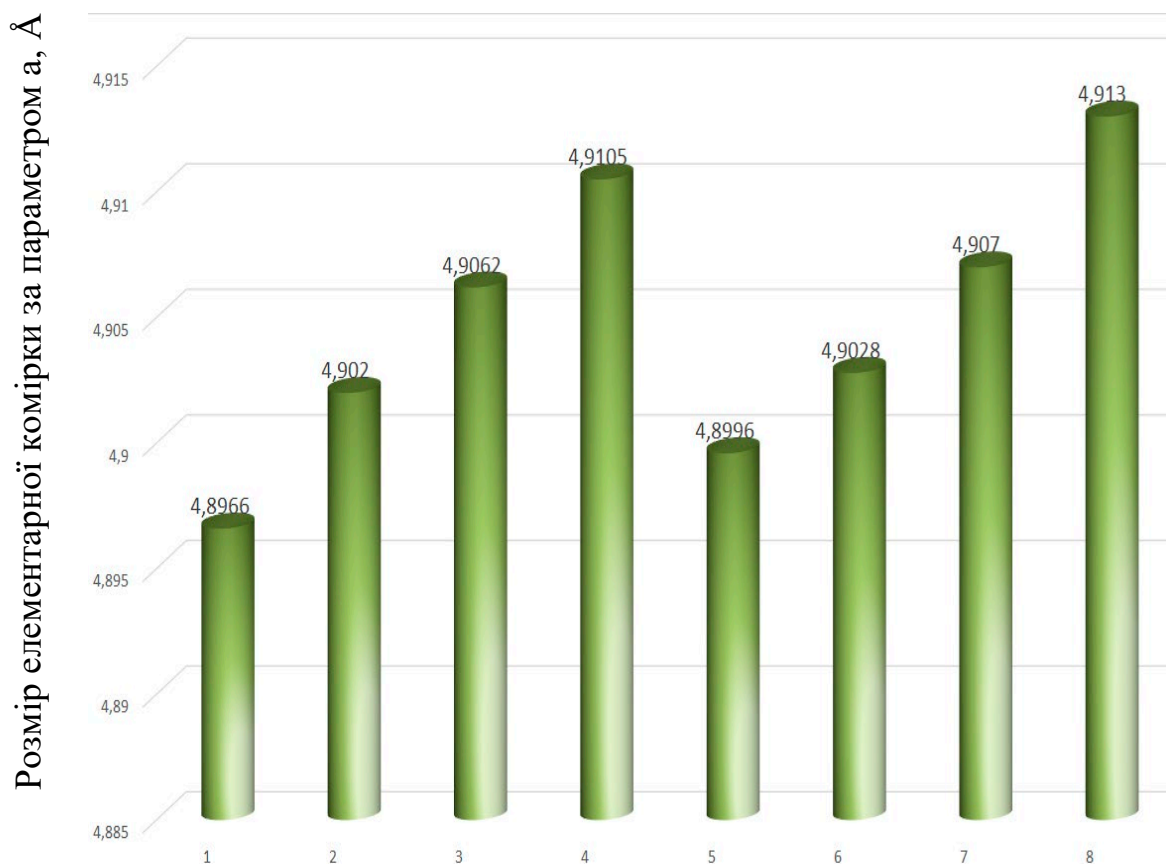


**Рис. 2.** Рентгенівська дифрактограма кварцу по кристалографічній площині 211 із продукту «барабан МС»; а – до вибухових робіт, б- після вибухових робіт.

Результати розрахунків розміру параметру «а» елементарної комірки кристалічної ґратки кварцу за усіма продуктами наведено на рисунку 3.

На цьому рисунку видно майже лінійний ріст параметру «а» елементарної комірки кристалічної ґратки кварцу в ряду продуктів:

«барабан МС» → «нижній ролик» → «верхній ролик» → «немагнітний



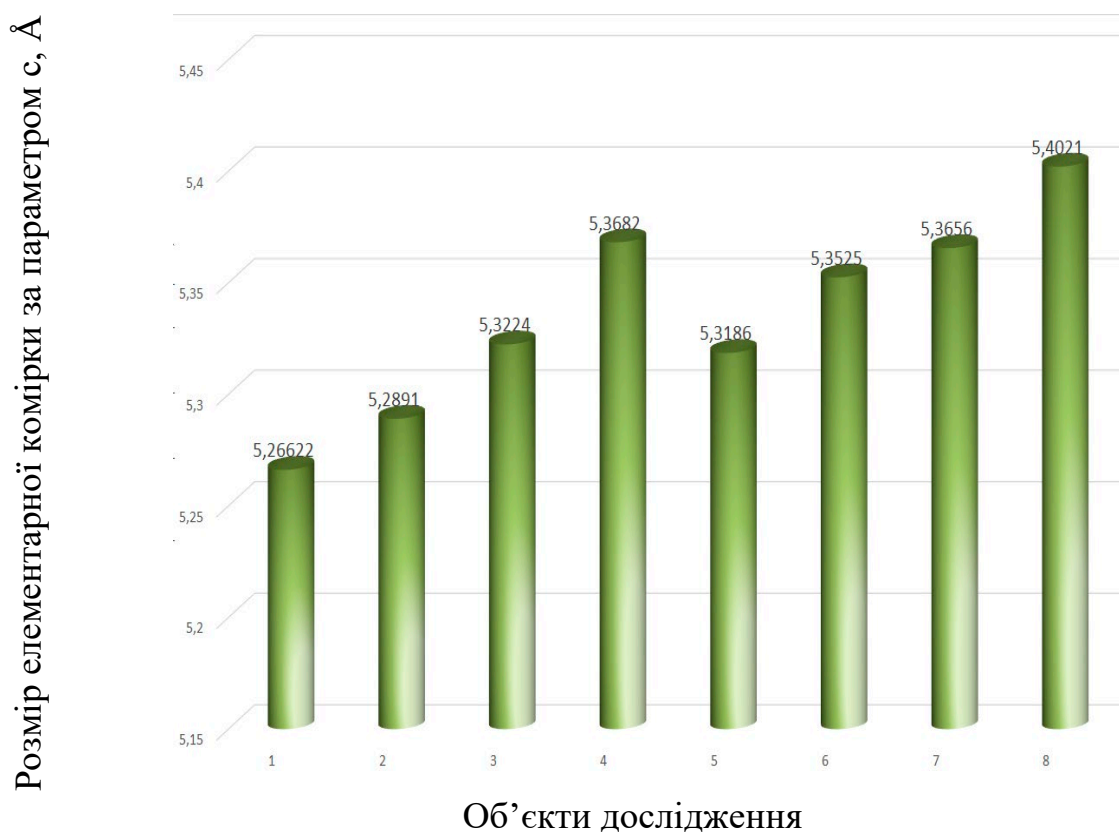
#### Об'єкти дослідження

**Рис. 3.** Розміри параметру « $a$ » елементарної комірки кристалічної ґратки кварцу. Об'єкти дослідження: граніти до вибухових робіт: 1 – продукт барабан МС, 2 – продукт нижній ролик, 3 – продукт верхній ролик, 4 – продукт немагнітний; граніти після вибухових робіт: 5 – продукт барабан МС, 6 – продукт нижній ролик, 7 – продукт верхній ролик, 8 – продукт немагнітний

продукт», що відбувається у кварці із гранітів, як до так і після вибухових робіт. Але співставлення розмірів цього параметру по однойменними продуктам показує що у всіх випадках його розмір дещо більший у гранітів після впливу вибухових робіт. Максимальний градієнт у зміні параметру « $a$ » елементарної комірки кристалічної ґратки кварцу із проби гранітів до вибухових робіт спостерігається між продуктами магнітної сепарації «барабан МС» – «нижній ролик» і дорівнює  $0,0054 \text{ \AA}$ , а в пробі гранітів після

проведення вибухових робіт фіксується між продуктами магнітної сепарації «нижній ролик» – «верхній ролик» і становить 0,0042 Å. Враховуючи відсотки виходу кожного із продуктів магнітної сепарації середнє зважене значення параметру «а» у кристалічній ґратці кварцу в пробах граніту до вибухових робіт становить 4,91 Å, а в пробах граніту після проведення вибухових робіт дорівнює 5,16 Å. Таким чином, середнє зважене значення параметру «а» у кристалічній ґратці кварцу в результаті термодинамічного впливу вибухових робіт збільшується на 5,09%.

Результати досліджень розміру параметру «с» елементарної комірки кристалічної ґратки кварцу за усіма продуктами наведені на рисунку 4.



**Рис. 4.** Розміри параметру «с» елементарної комірки кристалічної ґратки кварцу. Об'єкти дослідження: граніти до вибухових робіт: 1 – продукт барабан МС, 2 – продукт нижній ролик, 3 – продукт верхній ролик, 4 – продукт немагнітний; граніти після вибухових робіт: 5 – продукт барабан МС, 6 – продукт нижній ролик, 7 – продукт верхній ролик, 8 – продукт немагнітний

На (рис. 4) також добре видно майже лінійний ріст параметру «с» елементарної комірки кристалічної ґратки кварцу в ряду продуктів: «барабан МС» → «нижній ролик» → «верхній ролик» → «немагнітний продукт» що відбувається у кварці із гранітів, як до, так і після вибухових робіт. Як і в попередньому випадку співставлення розмірів цього параметру по однойменним продуктам показує що у всіх випадках його розмір дещо більше у гранітів які зазнали впливу вибухових робіт.

Максимальний градієнт у зміні параметру «с» елементарної комірки кристалічної ґратки кварцу із проби гранітів до вибухових робіт спостерігається між продуктами магнітної сепарації «верхній ролик» – «немагнітний продукт» і дорівнює  $0,0458 \text{ \AA}$ , а в пробі гранітів після проведення вибухових робіт фіксується також між продуктами магнітної сепарації «верхній ролик» – «немагнітний продукт» і становить  $0,0365 \text{ \AA}$ . Враховуючи відсотки виходу кожного із продуктів магнітної сепарації середнє зважене значення параметру «с» у кристалічній ґратки кварцу в пробах граніту до вибухових робіт становить  $5,3434 \text{ \AA}$ , а в пробах граніту після проведення вибухових робіт дорівнює  $5,6548 \text{ \AA}$ . Таким чином, середнє зважене значення параметру «с» у кристалічній ґратки кварцу в результаті термодинамічного впливу вибухових робіт збільшується на  $5,83\%$ .

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні основні висновки: розміри елементарної комірки (параметрів «а» і «с») кристалічної ґратки кварцу із кожного продукту магнітної сепарації гранітів до і після проведення вибухових робіт дозволили встановити явище їх зростання, яке відбувається під термодинамічним впливом вибухів що проводяться при розробці «Синявського» родовища. При цьому параметр «а» збільшується на  $5,09\%$ , а параметр «с» зростає на  $5,83\%$ .



## Список літератури

1. Nadai A. (1954). Theory of low and fracture of solids. IL Publ., 644 p.
2. Evans T., Kiflawi I., Luyten W. et al. (1995). Conversion of platelets into dislocation loops and voidite formation in type IaB diamonds. Proc. R. Soc. Lond. A., 449, 295-313.
3. Gardner S. D., Singamsetty C. S., Booth G. L., et al. (1995). Surface Characterization of Carbon Fibers Using Angle-Resolved XPS and ISS. *Carbon*, 33, 5, pp. 587-595.
4. Bursill L.A., Glaisher R.W. (1985). Aggregation and dissolution of small and extended defects in type Ia diamond. *Am.Mineral*, 70, 608-618.
5. Swart A.J. (2012). Evaluating the effects of radio-frequency treatment on rock samples: Implications for rock comminution. *Geochemistry, Earth's System Processes*, Edited by Dr. Dionisios Panagiotaras, INTECH Open Access Publisher, 457-484.
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*. 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)
7. 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. 74-86.
8. Єрофєєв А.М., Ішков В.В., Козій Є.С., Барташевський С.Є. (2021). Дослідження методів кластеризації родовищ нафти Дніпровсько-Донецької западини з метою створення їх класифікації за вмістом металів (на прикладі V). *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. Гірничо-геологічна*. 1(25)-2(26). 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)
9. Ішков В.В., Козій Є.С., Козар М.А. (2023). Особливості геохімії алюмінію у нафтах та класифікація родовищ Дніпровсько-Донецької западини за його вмістом. *Вісник Одеського національного університету. Сер.: Географічні та геологічні науки*, 28. 1(42). 131-147. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.1\(42\).282244](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.1(42).282244)
10. Ішков В.В., Козій Є.С., Чернобук О.І. (2022). Аналіз впливу потужності вугільного пласта с8н шахти Дніпровська на вміст германію. *Збірник наукових праць НГУ*, 70. 76-90. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/70.076>
11. Ішков В.В., Козій Є.С., Чернобук О.І., Хоменко В.Л. (2022). Результати кластеризації ділянок різної потужності вугільного пласта с10в шахти «Дніпровська» за вмістом германію. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-геологічна»*, 1(27)-2(28). 107-115. [https://doi.org/10.31474/2073-9575-2022-1\(27\)-2\(28\)-107-115](https://doi.org/10.31474/2073-9575-2022-1(27)-2(28)-107-115)

12. Чернобук О.І., Ішков В.В., Козій Є.С., Козар М.А., Пашенко П.С., Дрешпак О.С. (2023). Зв'язок германію із зольністю та «токсичними» елементами у вугіллі на прикладі пласта с5 поля шахти Благодатна Західного Донбасу. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-геологічна», 2(30). С. 68-79.*  
<https://doi.org/10.31474/2073-9575-2023-2-30-68-79>