

© В.В. Ішков<sup>1,2</sup>, О.С. Баскевич<sup>3</sup>, Є.С. Козій<sup>1</sup>, О.С. Дрешпак<sup>1</sup>,  
П.С. Пащенко<sup>2</sup>, М.А. Козар<sup>4</sup>, Т.М. Кас'яненко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

<sup>2</sup> Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна

<sup>3</sup> Український державний хіміко-технологічний університет, Дніпро, Україна

<sup>4</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ ТОНКОЇ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ КВАРЦУ СИНЯВСЬКОГО РОДОВИЩА ГРАНІТІВ ПІД ВПЛИВОМ БУРОВИБУХОВИХ РОБІТ

© V. Ishkov<sup>1,2</sup>, O. Baskevych<sup>3</sup>, Ye. Kozii<sup>1</sup>, O. Dreshpak<sup>1</sup>,  
P. Pashchenko<sup>2</sup>, M. Kozar<sup>4</sup>, T. Kasianenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

<sup>2</sup> Institute of Geotechnical Mechanics named by M. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine

<sup>3</sup> Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

<sup>4</sup> M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

## PECULIARITIES OF CHANGES IN THE THIN CRYSTALLINE STRUCTURE OF QUARTZ OF THE SYNIAVSKE GRANITE DEPOSIT UNDER THE INFLUENCE OF DRILLING AND BLASTING OPERATIONS

**Мета.** Встановлення особливостей зміни тонкої кристалічної структури кварцу Синявського родовища гранітів під впливом буровибухових робіт.

**Методика.** Матеріали дослідження склали проби гранітів Синявського родовища відібрані безпосередньо із однієї ділянки в кар'єрі родовища «Синявське» ТДВ «Рокитнянський спецкар'єр» з молотріщинуватого, 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.

**Основні результати.** 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. По обом кристалографічним площинам (101 і 211) спостерігається зменшення розміру кристалітів кварцу як до так і після вибухових робіт. В процесі первинної переробки гранітів Синявського родовища, а саме проведення вибухових робіт, загальна анізотропія будови кристалічної ґратки кварцу суттєво зростає. Суттєва різниця між збільшенням щільності дислокацій у кристалічній ґратці кварцу по різним просторовим кристалографічним площинам після проведення вибухових робіт також суттєво збільшує просторову анізотропію кристалічної ґратки кварцу.

**Наукова новизна.** Виявлено явище змін субструктури кристалічної ґратки кварцу – одного із основних, породоутворюючих мінералів гранітів Синявського родовища під

термодинамічним впливом вибухових робіт. Їх особливості головним чином полягають у тому, що при проведенні вибухових робіт виникають мікроспотворення в структурних ґратах кварцу, які порушують далекий порядок, у ній утворюються напружені міжатомні зв'язки, які далі розриваються в полі діючих напруг і збільшують дисперсність кристалітів, розміри елементарної комірки та загальну анізотропію будови кристалічної ґратки цього мінералу.

**Практична значимість.** Встановлено суттєві якісні зміни кристалохімічної структури кварцу гранітів Синявського родовища.

**Ключові слова:** граніт, кварц, кристаліти, родовище, дифрактограма, магнітна сепарація, фракція, кристалічна структура, кристалічна ґратка, буровибухові роботи.

**Формулювання завдання та аналіз останніх 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-фаціальній зони. Синявське родовище гранітів відноситься до інтрузивних утворень Уманського ультраметаморфічного комплексу.

Добре відомо [1–12], 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).

Так дослідженню окремих параметрів субструктури деяких мінералів Майкаїнського золоторудного родовища присвячена робота [7].

В останні роки в деяких країнах проводиться широкий комплекс досліджень з використання 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 [13]. Так за даними інфрачервоної Фур'є-спектроскопії в результаті імпульсного впливу відзначалися незначні зміни структури кристалів алмазу, що проявляються у збільшенні концентрації дефектів мікророзсувної природи, представлених міжвузловими вуглецевими атомами - плейтлетс або В2 [10–11]. 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 (наносекундною тривалості  $\sim 1\text{--}10\text{ нс}$ ) 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 [9–14] 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 [2]. Також була розроблена методологія для класифікації вугільних родовищ [6] та нафтових полів Дніпровсько-Донецької западини за вмістом різних мікроелементів [1, 3]. Інші дослідження були зосереджені на аналізі розподілу германію в окремих вугільних шарах Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу [4–5, 8]. 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 аналіз результатів дослідження тонкої кристалічної структури кварцу із гранітів Синявського родовища з метою встановлення особливостей її зміни під впливом буровибухових робіт.

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 номінеральних фаз отримані проби були піддані магнітній сепарації на трьохролковому 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 сепаратора; 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 ( $d$ ,  $\text{\AA}$ ) 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 та щільність дислокацій по кристалографічним площинам 101 і 211 ( $D_{101}$  і  $D_{211}$ ).

Розміри кристалітів кварцу по кристалографічним площинам 101 і 211 ( $L_{101}$  і  $L_{211}$ ) розраховувалися по формулі Селякова-Шеррера:

$$L_{HKL} = \frac{0,94\lambda}{\beta \cos \theta_{HKL}}$$

Загальні розміри кристалітів ( $L$ ) і ступінь мікронапружень ( $M$ ) кварцу розраховувались по двом лініям, які відповідають відбиткам рентгенівських променів від головних кристалографічних площин цього мінералу (відповідно 101 і 211) за вирішенням системи рівнянь:

$$L = \frac{0,94\lambda}{\beta \cos \theta_{HKL}},$$

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta a}{a} = \frac{\beta}{4 \operatorname{tg} \theta_{HKL}} = M.$$

**Результати досліджень та їх обговорення.** Рентгендифрактометричний метод дослідження речовинного складу зразків – один із класичних і широко застосовуваних, особливо для визначення їх фазового складу. Він використовується не тільки в розвідувальній геології, ґрунтовій мінералогії, матеріалознавстві, для характеристики мінеральної сировини в металургії та збагаченні, а й у прикладних галузях.

Однак можливості методу набагато ширші, ніж просто визначення фазового мінералогічного складу зразків. На прикладі представленої роботи ми побачимо глибший аналіз рентгендифрактометричної інформації.

Теоретичні основи формування профілю дифракційного відображення були закладені в ранніх класичних роботах, але тільки зараз, завдяки комп'ютеризації, рентгеноструктурні дослідження значно спростилися. Поряд з визначенням якісного та напівкількісного складу цілком доступним стає навіть максимально складне моделювання кристалохімічних особливостей структури у різноманітних природних та технологічних процесах.

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 рівномірнозернистих 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 біотиту та кварцу по відповідним кристалографічним площинам із однойменних продуктів проб до і після вибухових робіт показує наявність деяких відмінностей, що дозволяє припустити можливість появи змін тонких особливостей кристалічної ґратки під термодинамічним впливом вибухових робіт.

Результати розрахунків розміру параметру «а» елементарної комірки кристалічної ґратки кварцу за усіма продуктами наведені на рисунку 1.

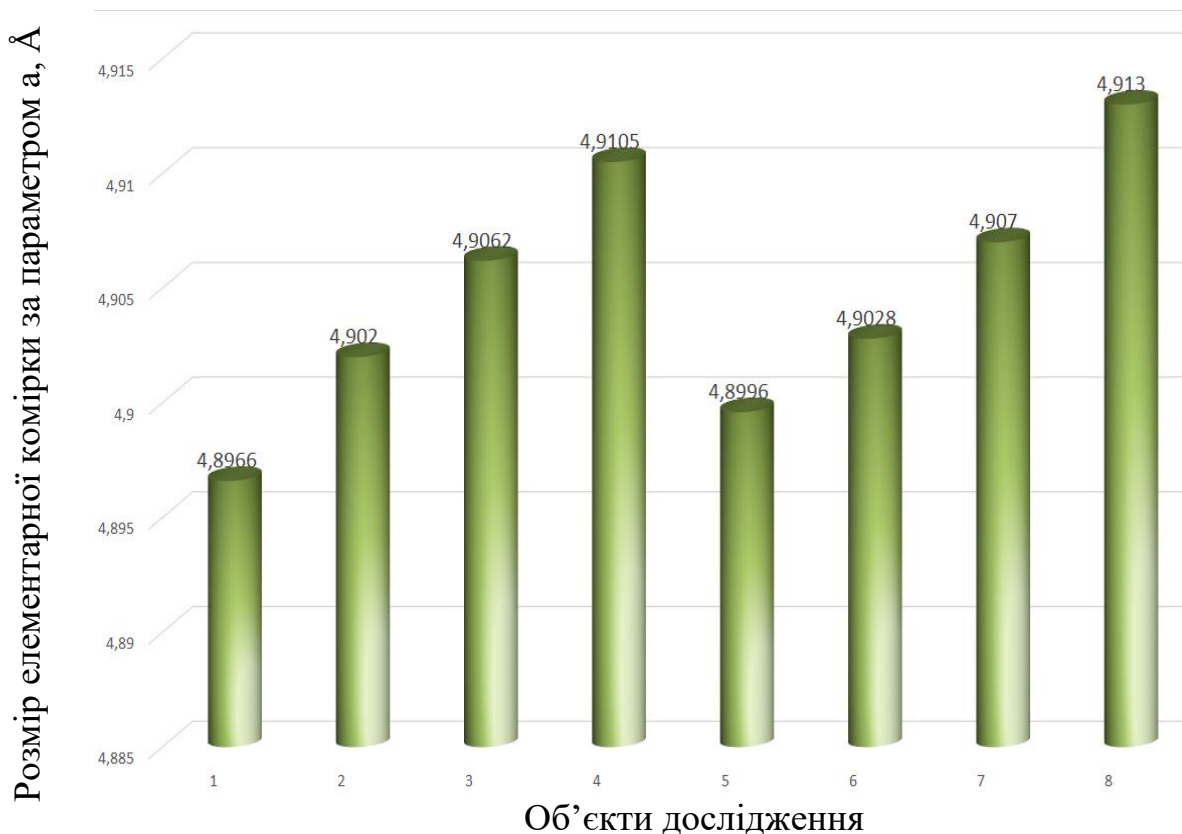


Рис. 1. Розміри параметру «а» елементарної комірки кристалічної ґратки кварцу. Об'єкти дослідження: граніти до вибухових робіт: 1 – продукт барабан МС, 2 – продукт нижній ролик, 3 – продукт верхній ролик, 4 – продукт немагнітний; граніти після вибухових робіт: 5 – продукт барабан МС, 6 – продукт нижній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

На цьому рисунку видно майже лінійний ріст параметру «а» 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. Але співставлення розмірів цього параметру по однойменними продуктами показує що у всіх випадках його розмір дещо більший у гранітів після впливу вибухових робіт. Максимальний градієнт у зміні параметру «а» 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  $0,0042 \text{ \AA}$ . Враховуючи відсотки виходу кожного із продуктів магнітної сепарації середнє зважене значення параметру «а» у кристалічній ґратці кварцу в пробах граніту до вибухових робіт становить  $4,91 \text{ \AA}$ , а в пробах граніту після проведення вибухових робіт дорівнює  $5,16 \text{ \AA}$ . 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 2.

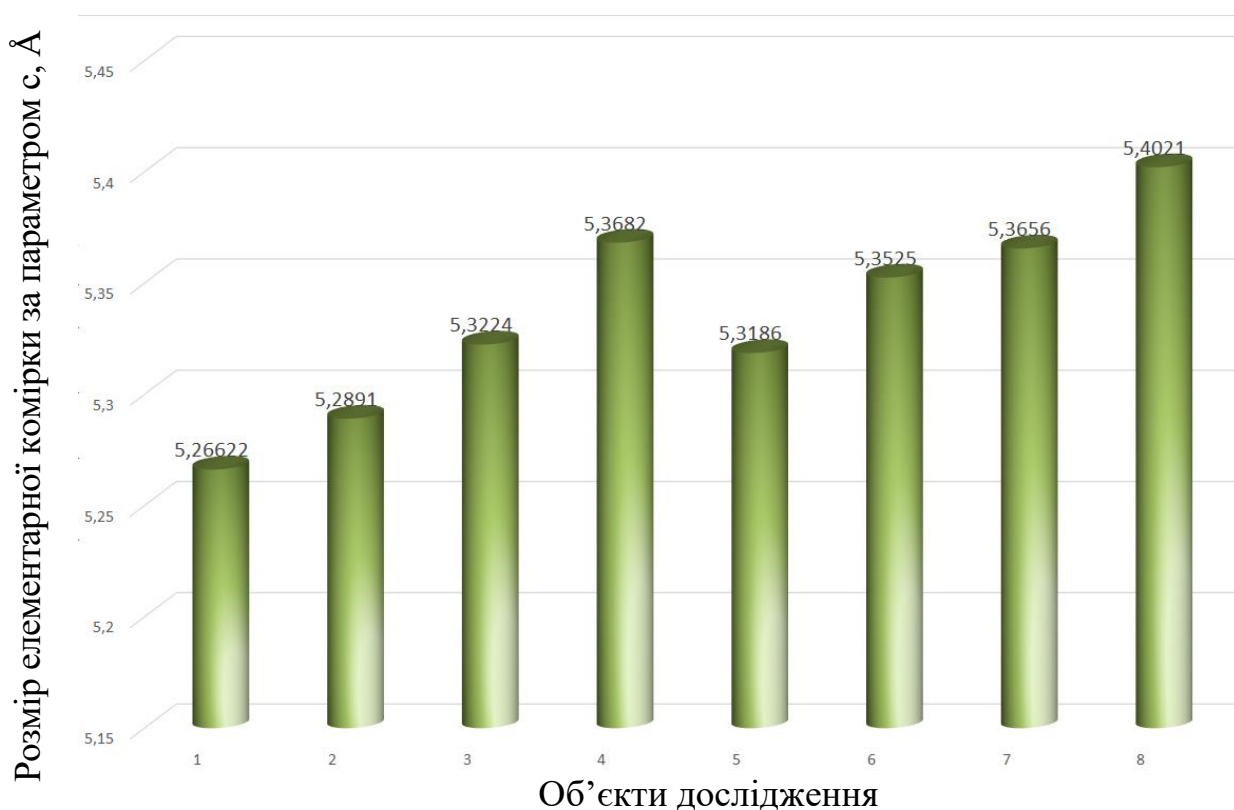


Рис. 2. Розміри параметру «с» елементарної комірки кристалічної ґратки кварцу. Об'єкти дослідження: граніти до вибухових робіт: 1 – продукт барабан МС, 2 – продукт нижній ролик, 3 – продукт верхній ролик, 4 – продукт немагнітний; граніти після вибухових робіт: 5 – продукт барабан МС, 6 – продукт нижній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

На рис. 2 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 ґратці 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 ґратці кварцу в результаті термодинамічного впливу вибухових робіт збільшується на  $5,83 \%$ .

Результати досліджень розміру кристалітів кварцу по кристалографічним площинам 101 і 211 в усіх продуктах магнітної сепарації проб гранітів Синявського родовища до і після проведення вибухових робіт відповідно відображено на рисунках 3 і 4.

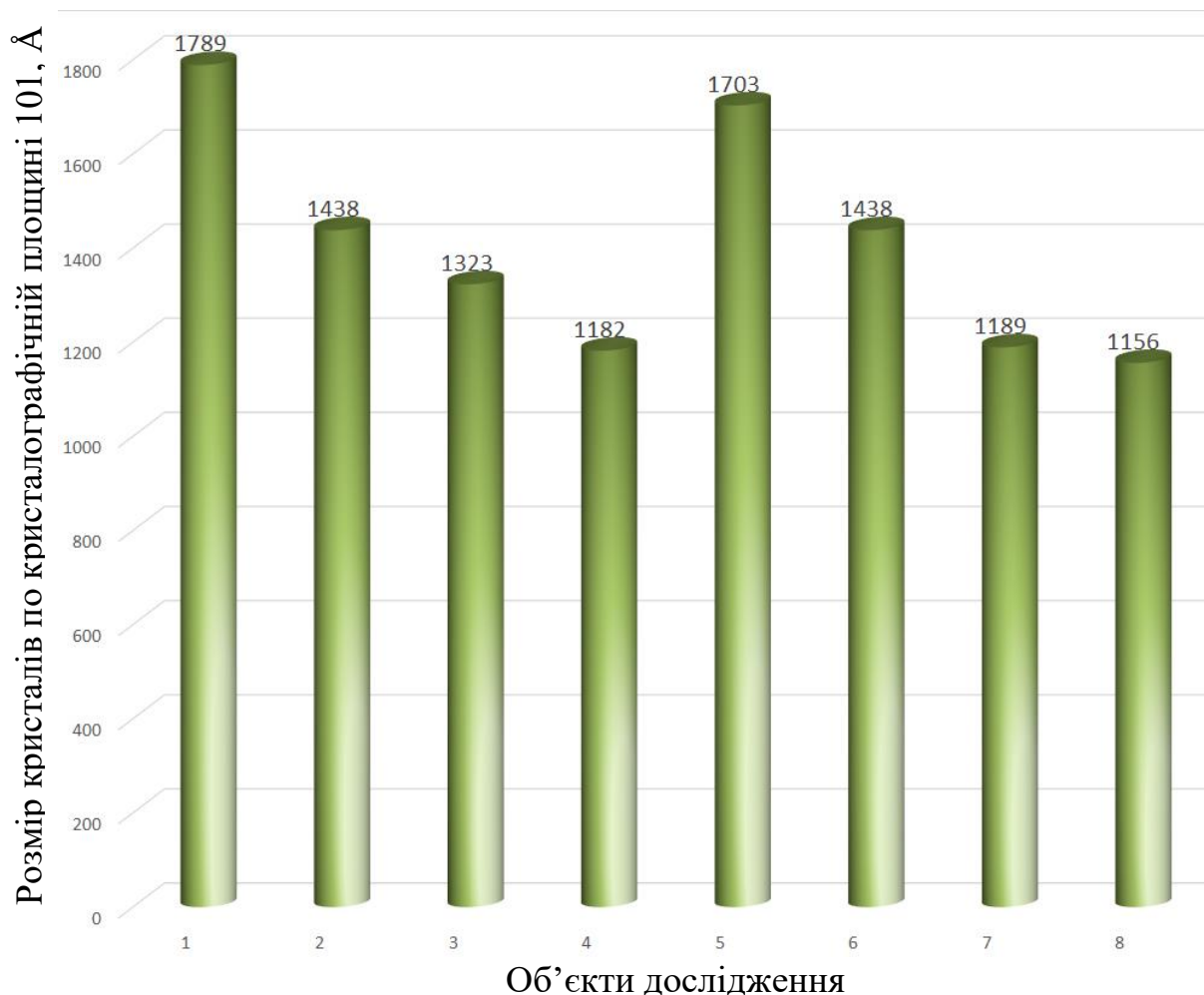


Рис. 3. Розмір кристалітів кварцу по кристалографічній площині 101. Об'єкти дослідження: граніти до вибухових робіт: 1 – продукт барабан МС, 2 – продукт нижній ролик, 3 – продукт верхній ролик, 4 – продукт немагнітний; граніти після вибухових робіт: 5 – продукт барабан МС, 6 – продукт нижній ролик, 7 – продукт верхній ролик, 8 – продукт немагнітний

Враховуючи відсотки виходу кожного із продуктів магнітної сепарації середнє зважене значення розміру кристалітів кварцу в пробах граніту до вибухових робіт становить 1265,78 Å, а в пробах граніту після проведення вибухових робіт дорівнює 1282,65 Å. Таким чином, середнє зважене значення розміру кристалітів кварцу по кристалографічній площині 101 в результаті термодинамічного впливу вибухових робіт збільшується на 1,33 %.

У другому випадку максимальний градієнт зменшення розміру кристалітів спостерігається між кварцями із проб гранітів до вибуху вже між продуктами «нижній ролик» – «верхній ролик» (зменшення розміру кристалітів на 504 Å) і

між кварцями із проб гранітів після вибуху між продуктами «барабан МС» – «нижній ролик» (зменшення розміру кристалітів відбувається на 491 Å).

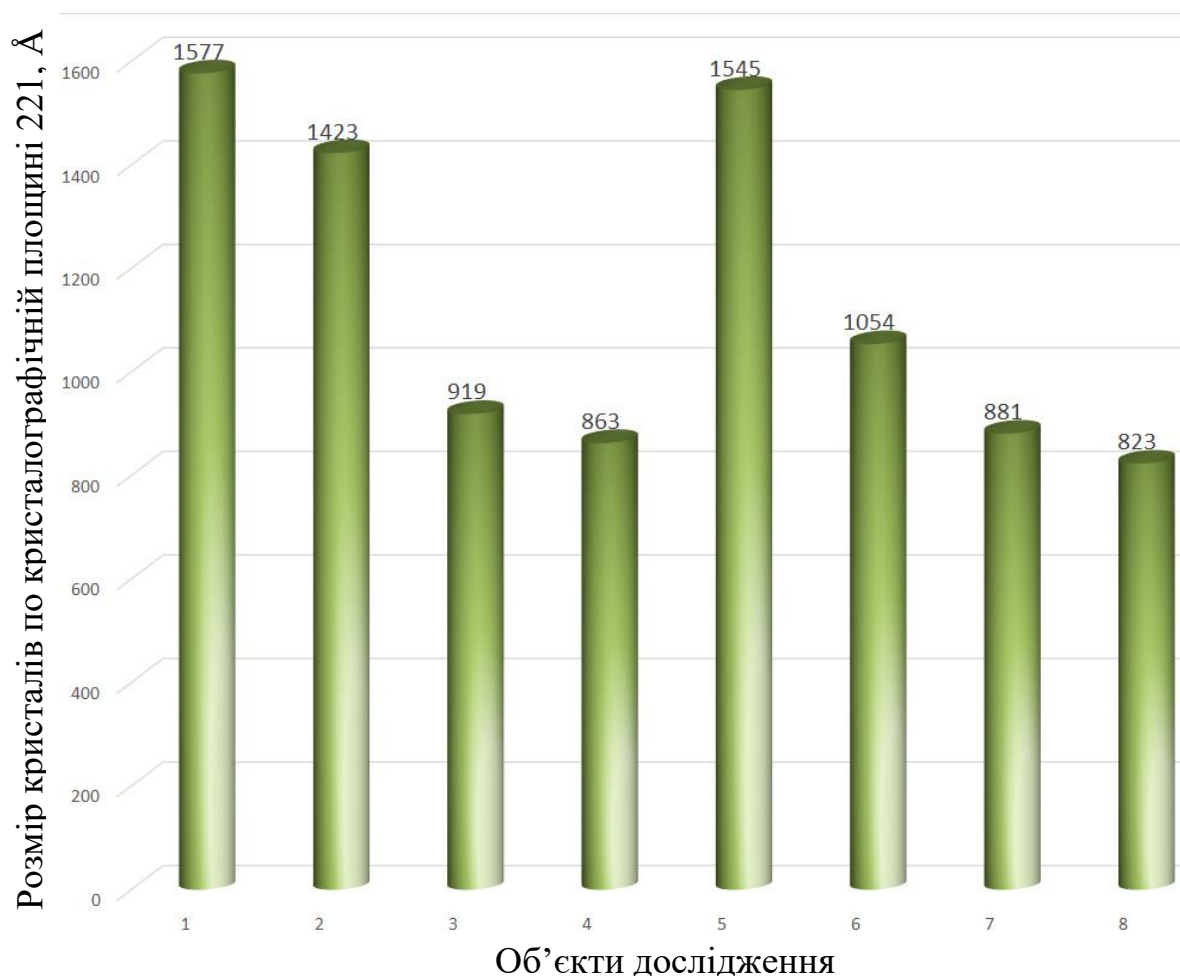


Рис. 4. Розмір кристалітів кварцу по кристалографічній площині 211. Об'єкти дослідження: граніти до вибухових робіт: 1 – продукт барабан МС, 2 – продукт нижній ролик, 3 – продукт верхній ролик, 4 – продукт немагнітний; граніти після вибухових робіт: 5 – продукт барабан МС, 6 – продукт нижній ролик, 7 – продукт верхній ролик, 8 – продукт немагнітний

Враховуючи відсотки виходу кожного із продуктів магнітної сепарації середнє зважене значення розміру кристалітів кварцу по кристалографічній площині 211 в пробах граніту до вибухових робіт становить 1016,12 Å, а в пробах граніту після проведення вибухових робіт дорівнює 931,39 Å. Таким чином, середнє зважене значення розміру кристалітів кварцу по кристалографічній площині 211 в результаті термодинамічного впливу вибухових робіт зменшується на 8,34 %.

Між розмірами кристалітів кварцу по обох кристалографічних площинах в однойменних продуктах магнітної сепарації спостерігається їх зміна у гранітах після вибухових робіт. Але якщо по кристалографічній площині 101 спостерігається невелике збільшення розміру кристалітів (на 1,33 %), то по кристалографічній площині 211 вже відбувається їх зменшення (на 8,34 %). Цей факт в свою чергу надає можливість стверджувати, що в процесі первинної переробки



гранітів Синявського родовища, а саме проведення вибухових робіт, загальна анізотропія будови кристалічної ґратки кварцу суттєво зростає.

В обох випадках спостерігається їх суттєве зменшення для гранітів, як до так і після вибухових робіт в ряду: «барабан МС» → «нижній ролик» → «верхній ролик» → «немагнітний продукт», але її динаміка істотно відрізняється. В першому випадку максимальний градієнт зменшення розміру кристалітів спостерігається між кварцями із проб гранітів до вибуху між продуктами «барабан МС» – «нижній ролик» (зменшення розміру кристалітів на 351 Å) і між кварцями із проб гранітів після вибуху між продуктами «барабан МС» – «нижній ролик» (зменшення розміру кристалітів на 265 Å).

На рисунку 5 показано особливості зміни загального розміру кристалітів кварцу по різних продуктах магнітної сепарації гранітів Синявського родовища до і після вибухових робіт. Аналіз наведених даних рентгеноструктурних досліджень наочно показує послідовне і закономірне зменшення, яке має майже лінійний характер загальних розмірів кристалітів, як у продуктах магнітної сепарації в ряду: «барабан МС» → «нижній ролик» → «верхній ролик» → «немагнітний продукт», так і між однаковими продуктами від проб гранітів до вибухових робіт до проб гранітів вже після їх проведення.

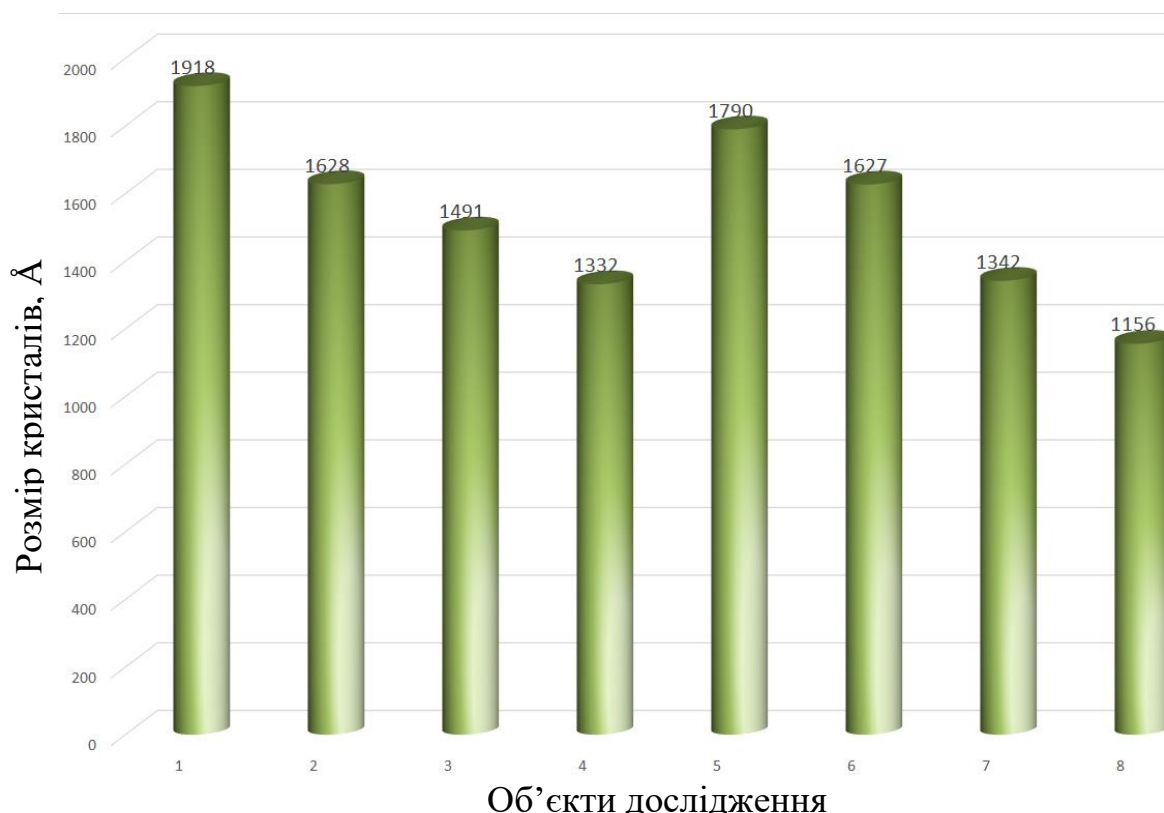


Рис. 5. Загальний розмір кристалітів кварцу. Об'єкти дослідження: граніти до вибухових робіт: 1 – продукт барабан МС, 2 – продукт нижній ролик, 3 – продукт верхній ролик, 4 – продукт немагнітний; граніти після вибухових робіт: 5 – продукт барабан МС, 6 – продукт нижній ролик, 7 – продукт верхній ролик, 8 – продукт немагнітний

Максимальний градієнт зменшення розміру кристалітів спостерігається між кварцями із проб гранітів до вибуху між продуктами «барабан МС» – «нижній ролик» (зменшення розміру кристалітів на  $290 \text{ \AA}$ ) і між кварцями із проб гранітів після вибуху між продуктами «нижній ролик» – «верхній ролик» (зменшення розміру кристалітів відбувається на  $285 \text{ \AA}$ ).

Враховуючи відсотки виходу кожного із продуктів магнітної сепарації середнє зважене значення загального розміру кристалітів кварцу в пробах граніту до вибухових робіт становить  $1426,8 \text{ \AA}$ , а в пробах граніту після проведення вибухових робіт дорівнює  $1347,3 \text{ \AA}$ . Таким чином, середнє зважене значення загального розміру кристалітів кварцу в результаті термодинамічного впливу вибухових робіт зменшується на  $5,57 \%$ .

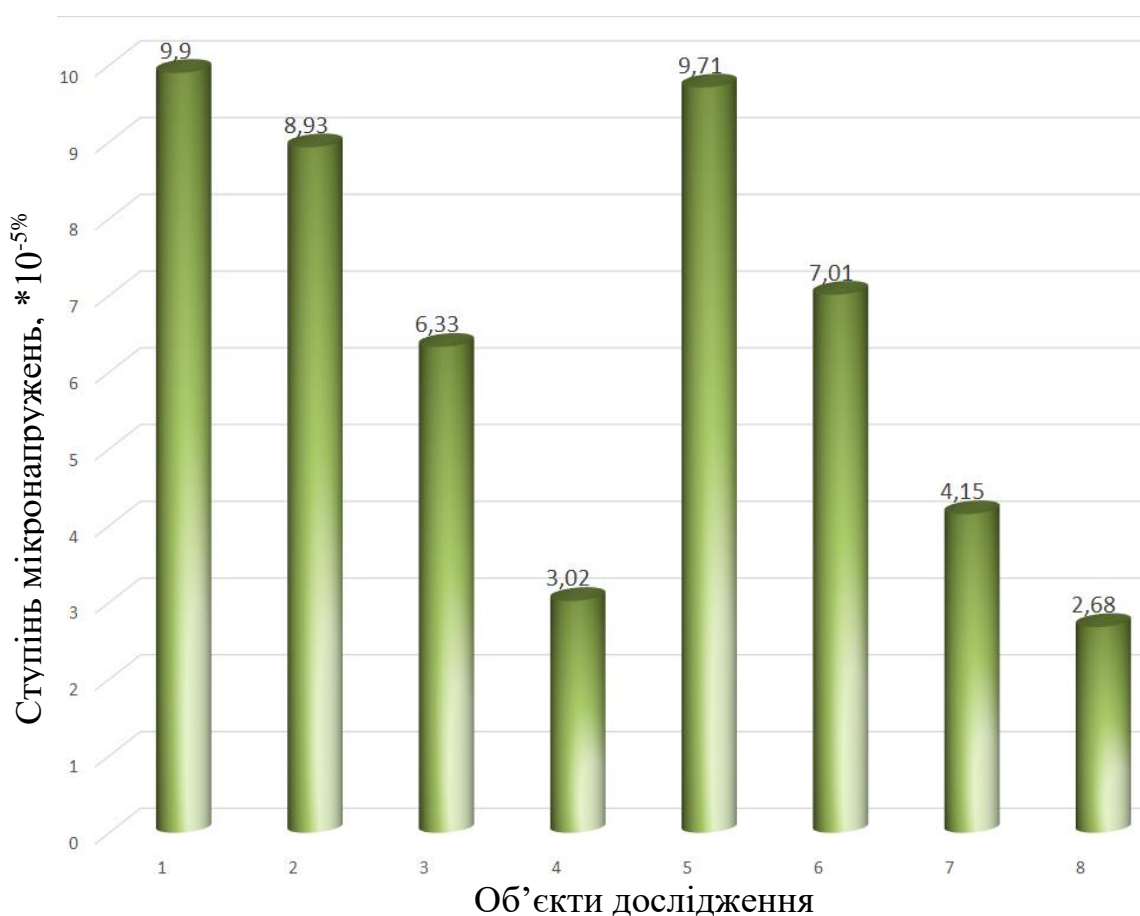


Рис. 6. Ступінь мікронапружень кристалічної ґратки кварцу. Об'єкти дослідження: граніти до вибухових робіт: 1 – продукт барабан МС, 2 – продукт нижній ролик, 3 – продукт верхній ролик, 4 – продукт немагнітний; граніти після вибухових робіт: 5 – продукт барабан МС, 6 – продукт нижній ролик, 7 – продукт верхній ролик, 8 – продукт немагнітний

На рисунку 6 показано результати розрахунків існуючих мікронапружень кристалічної ґратки кварцу за усіма пробами гранітів Синявського родовища до і після проведення вибухових робіт та продуктами їх магнітної сепарації. В результаті досліджень фіксується різке зменшення цього показника між

продуктами магнітної сепарації в ряді: «барабан МС» → «нижній ролик» → «верхній ролик» → «немагнітний продукт», та дещо менше, але також закономірне зменшення мікронапружень кристалічної ґратки кварцу в напрямку від проб гранітів до проведення вибухових робіт до проб гранітів, які були відібрані вже після їх проведення. При цьому найбільший градієнт зменшення мікронапружень кристалічної ґратки кварцу у пробах відібраних до вибухових робіт спостерігається на ділянці між продуктами магнітної сепарації: «верхній ролик» – «немагнітний продукт» і становить  $3,31 \cdot 10^{-5} \%$ , а у пробах відібраних вже після їх проведення на ділянці між продуктами магнітної сепарації: «барабан МС» – «нижній ролик» і дорівнює  $5,56 \cdot 10^{-5} \%$ .

Враховуючи відсотки виходу кожного із продуктів магнітної сепарації середнє зважене значення мікронапружень у кристалічній ґратці кварцу в пробах граніту до вибухових робіт становить  $4,85 \cdot 10^{-5} \%$ , а у пробах граніту після проведення вибухових робіт дорівнює  $4,02 \cdot 10^{-5} \%$ . Таким чином, середнє зважене значення мікронапружень у кристалічній ґратці кварцу в результаті термодинамічного впливу вибухових робіт зменшується на 17,11 %.

Результати досліджень щільності дислокацій у кристалічній ґратці кварцу по кристалографічним напрямкам 101 та 221 представлені на рисунках 7 та 8.

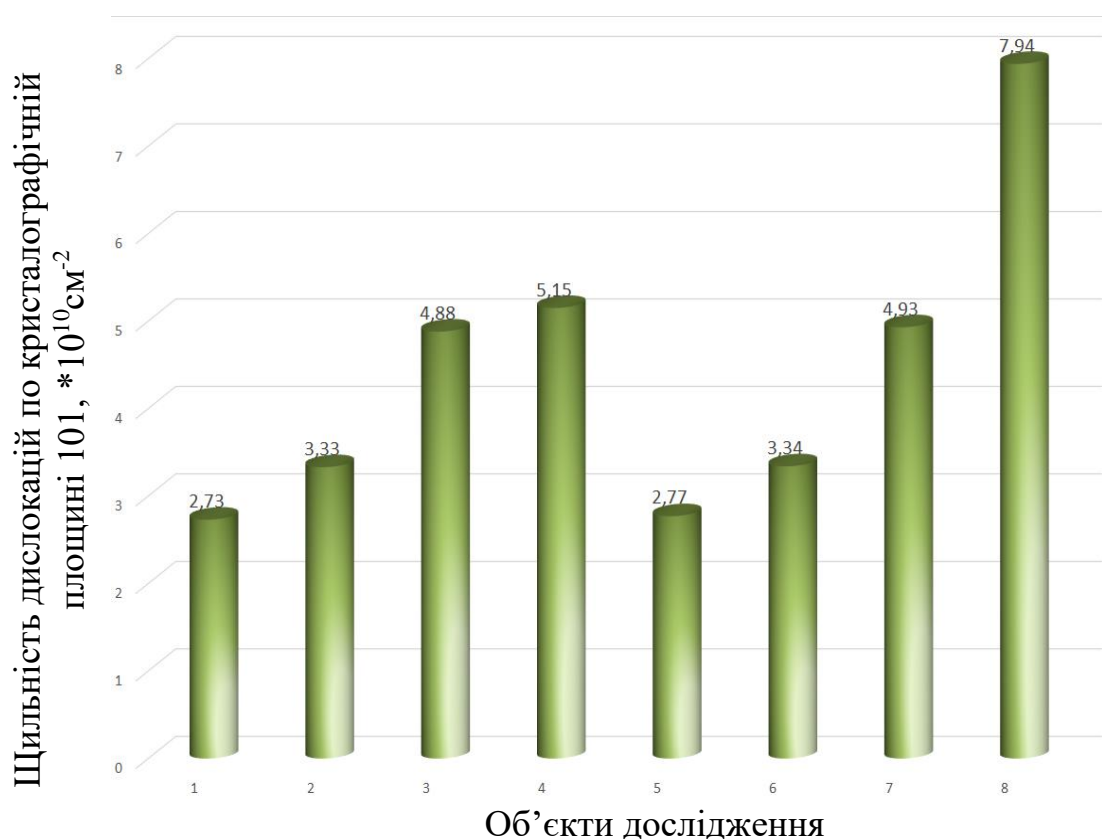


Рис. 7. Щільність дислокацій у кристалічній ґратці кварцу по кристалографічній площині 101. Об'єкти дослідження: граніти до вибухових робіт: 1 – продукт барабан МС, 2 – продукт нижній ролик, 3 – продукт верхній ролик, 4 – продукт немагнітний; граніти після вибухових робіт: 5 – продукт барабан МС, 6 – продукт нижній ролик, 7 – продукт верхній ролик, 8 – продукт немагнітний

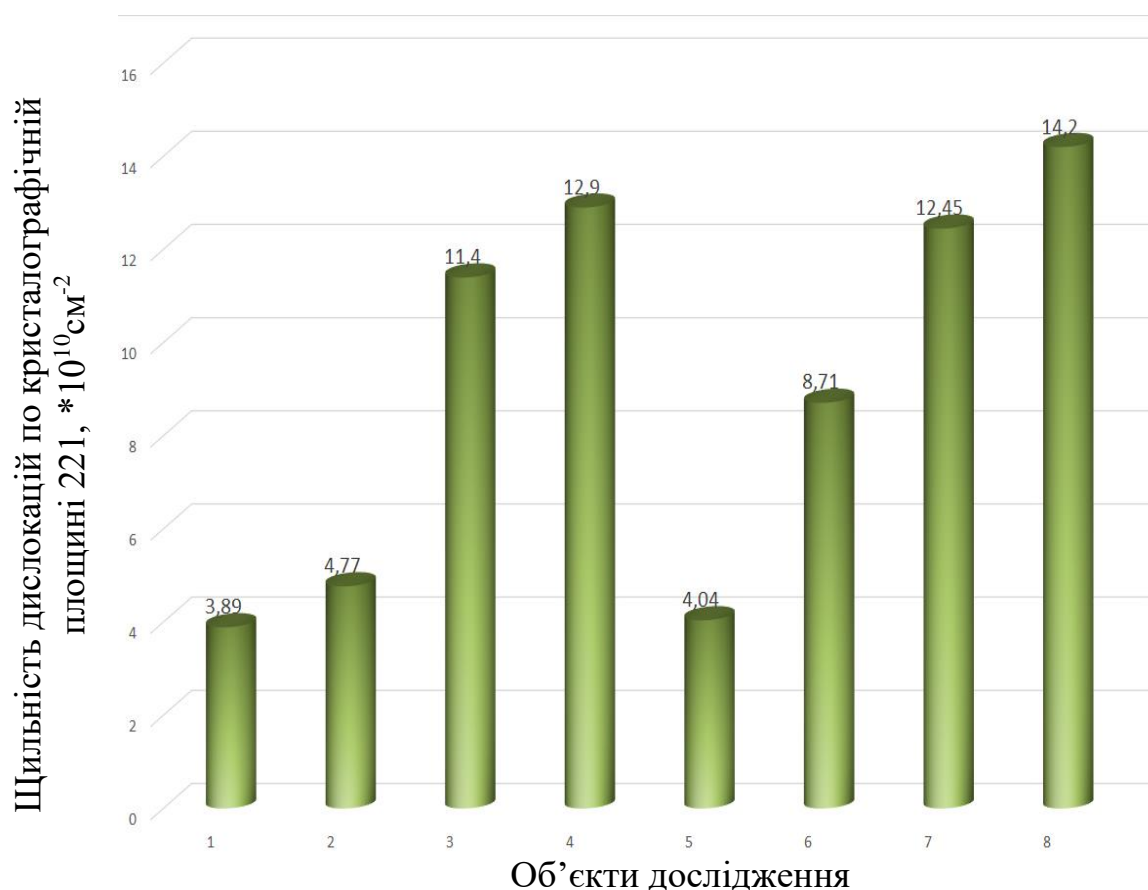


Рис. 8. Щільність дислокацій у кристалічній ґратці кварцу по кристалографічній площині 211. Об'єкти дослідження: граніти до вибухових робіт: 1 – продукт барабан МС, 2 – продукт нижній ролик, 3 – продукт верхній ролик, 4 – продукт немагнітний; граніти після вибухових робіт: 5 – продукт барабан МС, 6 – продукт нижній ролик, 7 – продукт верхній ролик, 8 – продукт немагнітний

В обох випадках спостерігається збільшення щільності дислокацій: 1) між продуктами магнітної сепарації в ряду: «барабан МС» → «нижній ролик» → «верхній ролик» → «немагнітний продукт»; 2) в напрямку від проб гранітів до проведення вибухових робіт до проб гранітів, які були відібрані вже після їх проведення.

По кристалографічному напрямку 101 максимальний градієнт зростання щільності дислокацій у кристалічній ґратці кварцу в пробах граніту до вибухових робіт відзначається під час переходу від продукту «нижній ролик» до продукту «верхній ролик» і дорівнює  $1,55 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ , а у пробах граніту після вибухових робіт по цьому ж кристалографічному напрямку максимальний градієнт зростання щільності дислокацій фіксується між продуктами «верхній ролик» і «немагнітний продукт» і становить  $3,01 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ . Із урахуванням відсотків виходу кожного із продуктів магнітної сепарації середнє зважене значення щільності дислокацій по кристалографічній площині 101 у кристалічній ґратці кварцу в

пробах граніту до вибухових робіт становить  $4,64 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ , а у пробах граніту після проведення вибухових робіт дорівнює  $6,84 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ . Таким чином, середнє зважене значення щільності дислокацій по кристалографічній площині 101 у кристалічній гратці кварцу в результаті термодинамічного впливу вибухових робіт збільшується на 47,41 %.

Процеси деформації та руйнування твердих тіл призводять до розвитку нових поверхонь розділу та спотворення кристалічної структури матеріалів.

При проведенні вибухових робіт на Синявському родовищі гранітів відбувалася деструкція структурних грат кварцу внаслідок розвитку пластичних деформацій в області локалізації напруг на дефектах структури та по «берегах» тріщини, яка проростала. В результаті спостерігається спотворення кристалічної структури цього мінералу, яка в свою чергу призводить до зміни фізико-хімічних властивостей кінцевих продуктів, що пов'язано з утворенням дефектної структури їх грат під термодинамічним впливом буровибухових робіт. Таким чином, процес руйнування гранітів даного родовища визначається у своїй основі двома факторами, що протікають при руйнуванні будь-яких гірських порід: збільшенням їхньої міжфазної поверхні в результаті розвитку нових поверхонь розділу та зміною особливостей кристалічної структури окремих мінеральних фаз. У сукупності ці параметри мають фундаментальний характер у багатьох природних та сучасних технологічних процесах, надаючи визначальний вплив на протікання гетерогенних взаємодій між окремими мінеральними фазами і оточуючим, зовнішнім середовищем.

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні **основні висновки**:

1) розміри елементарної комірки (параметрів «а» і «с») кристалічної гратки 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 %.

2) по обом кристалографічним площинам (101 і 211) спостерігається зменшення розміру кристалітів кварцу, як до, так і після вибухових робіт в ряду: «барабан МС» → «нижній ролик» → «верхній ролик» → «немагнітний продукт», але її динаміка істотно відрізняється.

3) По кристалографічній площині 101 спостерігається невелике збільшення розміру кристалітів (на 1,33 %), а по кристалографічній площині 211 відбувається вже їх зменшення (на 8,34 %). Таким чином, в процесі первинної переробки гранітів Синявського родовища, а саме проведення вибухових робіт, загальна анізотропія будови кристалічної гратки кварцу суттєво зростає.

4) загальний розмір кристалітів кварцу по різних продуктах магнітної сепарації гранітів Синявського родовища до і після вибухових робіт змінюється. Зменшення цього показника спостерігається між продуктами в ряду: «барабан МС» → «нижній ролик» → «верхній ролик» → «немагнітний продукт». Середнє зважене значення загального розміру кристалітів кварцу в результаті термодинамічного впливу вибухових робіт зменшується на 5,57 %.

5) встановлено зменшення існуючих мікронапружень кристалічної ґратки кварцу між продуктами магнітної сепарації в ряду: «барабан МС» → «нижній ролик» → «верхній ролик» → «немагнітний продукт». При цьому спостерігається закономірне зменшення мікронапружень кристалічної ґратки кварцу в напрямку від проб гранітів до проведення вибухових робіт, до проб гранітів, які були відібрані вже після їх проведення на 17,11 %.

6) встановлено явище збільшення щільності дислокацій: між продуктами магнітної сепарації в ряду: «барабан МС» → «нижній ролик» → «верхній ролик» → «немагнітний продукт» та в напрямку від проб гранітів до проведення вибухових робіт до проб гранітів, які були відібрані вже після їх проведення. Із урахуванням відсотків виходу кожного із продуктів магнітної сепарації середнє зважене значення щільності дислокацій по кристалографічній площині 101 у кристалічній ґратці кварцу в результаті термодинамічного впливу вибухових робіт збільшується на 47,41 %, а середнє зважене значення щільності дислокацій по кристалографічній площині 211 у кристалічній ґратці кварцу в результаті термодинамічного впливу вибухових робіт збільшується на 25,72 %. Суттєва різниця між збільшенням щільності дислокацій у кристалічній ґратці кварцу по різних просторовим кристалографічним площинам після проведення вибухових робіт (21,69 %) також суттєво збільшує просторову анізотропію кристалічної ґратки кварцу.

#### Перелік посилань

1. 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)
2. 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)
3. 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)
4. Ішков, В.В., Козій, Є.С., & Чернобук, О.І. (2022). Аналіз впливу потужності вугільного пласта с<sub>8</sub><sup>н</sup> шахти Дніпровська на вміст германію. *Збірник наукових праць НГУ*, 70. 76–90. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/70.076>
5. Ішков, В.В., Козій, Є.С., Чернобук, О.І., & Хоменко, В.Л. (2022). Результати кластеризації ділянок різної потужності вугільного пласта с<sub>10</sub><sup>в</sup> 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)
6. 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.
7. Сейтимбетов, А.М., Собсарев, А.П., Батраков, А.Ю., Укібаєв, Ж.К., & Бекенова, Г.К. (2011). Вивчення технологічних продуктів руд Майкаїнського родовища на

модернізованому рентгенівському дифрактометрі ДРОН-4. *Вісті НАНПК. Серія геол. і техн. Науки*, 5, 61–68.

8. Чернобук, О.І., Ішков, В.В., Козій, Є.С., Козар, М.А., Пащенко, П.С., & Дрешпак, О.С. (2023). Зв'язок германію із зольністю та «токсичними» елементами у вугіллі на прикладі пласта с<sub>5</sub> поля шахти Благодатна Західного Донбасу. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-геологічна»*, 2(30), 68–79. <https://doi.org/10.31474/2073-9575-2023-2-30-68-79>
9. Bursill, L.A., & Glaisher, R.W. (1985). Aggregation and dissolution of small and extended defects in type Ia diamond. *Am. Mineral*, 70, 608–618.
10. 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.
11. 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), 587–595. [https://doi.org/10.1016/0008-6223\(94\)00144-O](https://doi.org/10.1016/0008-6223(94)00144-O)
12. Nadai, A. (1954). *Theory of low and fracture of solids*. IL Publ.
13. Swart, A.J. (2012). Evaluating the effects of radio-frequency treatment on rock samples: Implications for rock comminution. *Geochemistry, Earth's System Processes*, 457–484.
14. Woods, G.S. (1986). Platelets find the infrared absorption of type Ia diamonds. *Proc. Roy. Soc. London*, 407, 219–238.

#### ABSTRACT

**Purpose.** To determine the peculiarities of the change in the thin crystalline structure of quartz of the Syniavske granite deposit under the influence of drilling and blasting operations.

**Methods.** The materials of the study consisted of samples of granites of the Syniavske deposit taken directly from one section in the quarry of the Syniavske deposit of the TDV "Rokytniansky special quarry" from a hammer-cracked, almost monolithic massif before drilling and blasting and from rock crushed already after drilling and blasting. To obtain the minimum necessary and sufficient amount of monomineral phases, the obtained samples were subjected to magnetic separation on a three-roll PCT separator with a length of 100 mm rolls.

**Results.** The dimensions of the unit cell (parameters "a" and "c") of the crystal lattice of quartz from each product of magnetic separation of granites before and after blasting allowed us to establish the phenomenon of their growth, which occurs under the thermodynamic influence of blasts carried out during the development of the "Syniavske" deposit. On both crystallographic planes (101 and 211), a decrease in the size of quartz crystallites is observed both before and after blasting. In the process of primary processing of the granites of the Sinyava deposit, namely, blasting, the general anisotropy of the structure of the quartz crystal lattice increases significantly. The significant difference between the increase in the density of dislocations in the quartz crystal lattice along different spatial crystallographic planes after blasting also significantly increases the spatial anisotropy of the quartz crystal lattice.

**Scientific novelty.** The phenomenon of changes in the substructure of the crystal lattice of quartz - one of the main rock-forming minerals of the granites of the Syniavske deposit under the thermodynamic influence of blasting - has been revealed. Their features mainly consist in the fact that, during blasting, microdistortions occur in the structural lattices of quartz, which break the long-range order, and tense interatomic bonds are formed in it, which are then broken in the field of applied stresses and increase the dispersion of crystallites, the dimensions of the unit cell and general anisotropy of the structure of the crystal lattice of this mineral.

**Practical significance.** Significant qualitative changes in the crystal-chemical structure of the quartz granites of the Syniavske deposit have been established.

**Keywords:** *granite, quartz, crystallites, deposit, diffractogram, magnetic separation, fraction, crystal structure, crystal lattice, drilling and blasting operations.*