

ЦИФРОВА ОБРОБКА ЕЛЕКТРОННИХ ЗОБРАЖЕНЬ ПІДПОВЕРХНЕВОЇ СТРУКТУРИ ГРАНІТНИХ БЛОКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ MATLAB

Довговічність облицювальних виробів з природних кам'яних матеріалів залежить від цілого комплексу фізико-механічних властивостей гірської породи. Найбільш суттєва втрата міцності в гранітах залежно від ступеня тріщинуватості. В статті розглядається застосування мікроскопічного методу для оцінки зміни ступеня тріщинуватості зразків залежно від впливу технології видобування сировини. Для цифрової обробки електронних зображень гранітних зразків з різних родовищ, отриманих з застосуванням буро-вибухової технології видобутку і канатного розпилу, використовується програмний пакет MATLAB.

Ключові слова: мікроскопічний метод; тріщинуватість; глибина тріщин; довговічність; дефекти; втрата міцності в гранітах.

Актуальність роботи. Вирішення задач, що виникають в області цифрової обробки зображень, потребує великої експериментальної роботи, в якій доводиться використовувати спеціалізовані алгоритми і багаторазове тестування із залученням об'ємної бази різних зображень. Розробка таких алгоритмів зазвичай спирається на ґрунтовний теоретичний фундамент і потребує багато додаткового матеріалу. Вибір гнучкого, всеохоплюючого і добре документованого середовища для обробки цифрових зображень є ключовим фактором, який впливає на якість кінцевого результату.

Метою роботи є застосування системи MATLAB для оцінки тріщинуватості на електронних зображеннях, отриманих в результаті мікроскопічного методу дослідження зразків гранітів з різних родовищ залежно від технологій видобутку.

Матеріал і результати досліджень. Зображення являє собою двомірну функцію $f(x, y) = []$, де x і y – це просторові координати, а амплітуда f в будь-якій точці з парою координат (x, y) називається інтенсивністю, або рівнем сірого кольору (насиченістю) зображення в цій точці. Якщо змінні x , y і f приймають значення їх кінцевої (дискретної) множини, то говорять про цифрове зображення. Під цифровою обробкою зображення мається на увазі обробка цифрового зображення за допомогою обчислювальної техніки (комп'ютера). Зауважимо, що цифрове зображення складається з кінцевої кількості елементів, кожний з яких розташований в конкретному місці і має певне значення. Ці елементи прийнято називати елементами зображення. Найчастіше елементи цифрового зображення називають пікселями.

Зображення може мати безперервні x - і y -координати, а також безперервну амплітуду f . Перетворення такого зображення в цифрову форму вимагає представлення координат і значень амплітуди деякими дискретними відліками. Представлення координат кінцевою множиною відліків називається дискретизацією, а представлення амплітуди як кінцеві значення набору елементів – квантуванням. Таким чином, якщо координати x і y , а також значення амплітуди f обирають з фіксованого кінцевого набору елементів (дискретних величин), то зображення можна назвати цифровим зображенням. Результатом дискретизації та квантування є матриця чисел, тобто зображення $f(x, y)$ після дискретизації представлено у вигляді матриці в якій є M рядків та N стовпців. Можна сказати, що зображення має розміри $M \times N$. Значення координат (x, y) є дискретною величиною; для зручності значення цих дискретних координат приймаються як цілі числа. За початок координат приймаємо верхній лівий кут зображення, координати якого будуть $(x, y) = (0, 0)$. На рисунку 1 надано координатне представлення з обробки зображення.

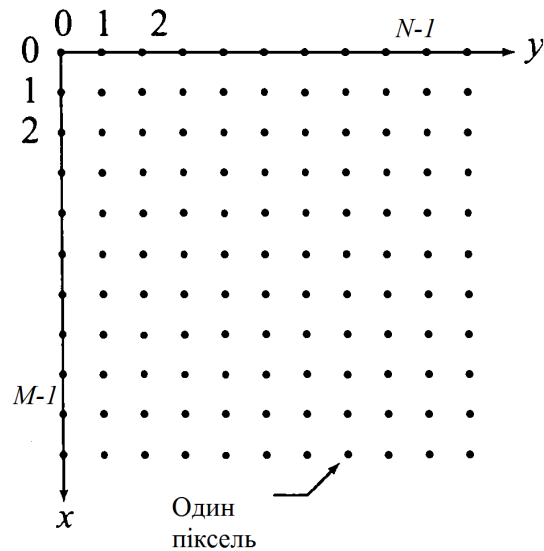


Рис. 1. Координатне представлення з обробки зображення

Наступна точка в першому рядку зображення буде мати координату $(x, y) = (0, 1)$. Координата x змінюється від 0 до $M-1$ з шагом 1.

Система координат на рисунку 1 може бути представлена функцією:

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

Цифрове зображення може бути представлено у вигляді матриці MATLAB:

$$f = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(2,1) & \dots & f(1,N) \\ f(2,1) & f(2,1) & \dots & f(2,N) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M,1) & f(M,2) & \dots & f(M,N) \end{bmatrix}$$

Зазвичай використовуються літери M і N для позначення, відповідно, кількості рядків та стовпців в матриці f .

Для завантаження зображення в робочий простір MATLAB використовується функція `imread('filename')`, де `filename` – це рядок символів, що утворює повне ім'я файлу зображення, що завантажується.

Зображення можна вивести на дисплей комп'ютера за допомогою функції `imshow(f, G)`, де f – матриця зображення, а G – число рівня яскравості (інтенсивності) кольору, що використовується для цього зображення. Команда `imshow(f, [low high])` означає, що всі пікселі, що набувають значення не більше числа `low`, потрібно зображувати чорним кольором, а всі пікселі, що набувають значення не менше, ніж число `high`, – білим. Всі проміжні значення зображуються з проміжною яскравістю, де використовуються числа рівнів, прийнятих за замовчуванням. Запис з командного рядка `imshow(f, [])` задає для змінної `low` мінімальне значення масиву f , а змінною `high` – його максимальне значення.

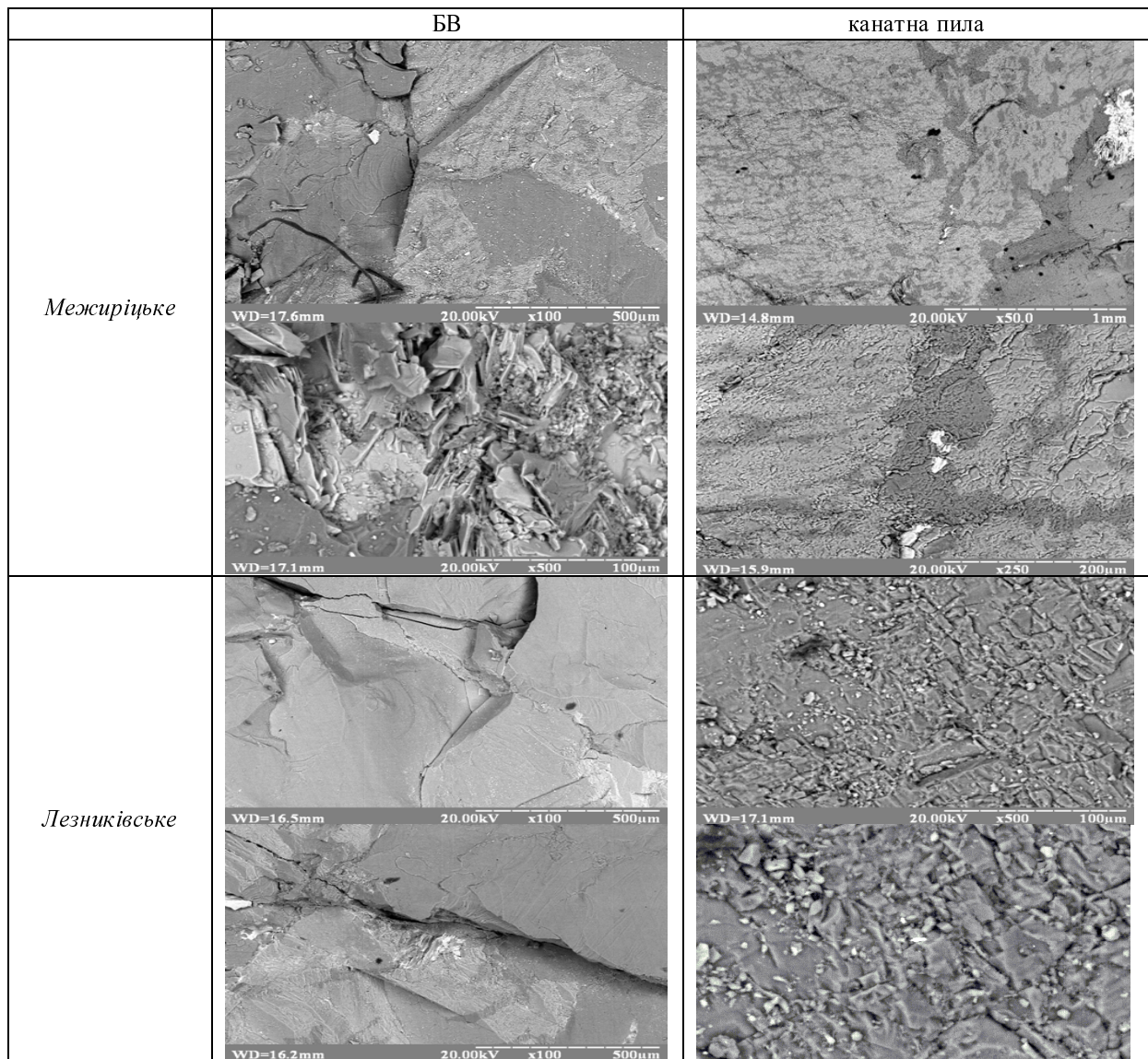
Для досліджень були використані зразки граніту розміром 3x3 см, видобуті буро-вибуховим способом за допомогою канатної пили з родовищ Межиріцьке та Лезниківське. Дослідження за допомогою растрового електронного мікроскопу проводилися на зразках, взятих з середини блоків. Результати проведеного аналізу зразків граніту наведено в таблиці 1.

Проаналізувавши результати дослідження, можна стверджувати, що в дослідних зразках при застосуванні буро-вибухової техніки пошкодження каменю в кількісному та якісному співвідношенні будуть значно суттєвіші. Спостерігається велика кількість розломів значних розмірів, що знижує якість блочного каменю і перешкоджає використанню отриманого матеріалу за призначенням.

Таблиця 1

Цифрові зображення зразків гранітів в результаті проведеного аналізу

Родовища	Спосіб видобутку
----------	------------------



Представлення об'єктів з таблиці 1 в програмі MATLAB відбувається шляхом сегментації зображення. Сегментація за деякими ознаками поділяє зображення на складові частини та об'єкти. Алгоритм сегментації монохромних зображень базується на яскравості (інтенсивності) зображення. Саме базуючись на інтенсивності чорного кольору проводився аналіз зразків. Наявність більш інтенсивного чорного кольору на зображенні свідчить *про глибокі розломи в зразку*.

Метод «межової» обробки досить часто використовується в прикладних задачах сегментації зображення завдяки простоті реалізації. Як зазначалося вище, будь-яке зображення можна представити у вигляді функції $f(x, y)$, яка має темні об'єкти на світлому кольорі, причому яскравість (інтенсивність) всіх пікселів сконцентровано поблизу двох основних значень. Тоді засіб виділення об'єкта з оточуючого фону полягає у виборі межі T , яка поділяє ці дві яскравості. Тоді будь-яка точка (x, y) , для якої $f(x, y) \geq T$, буде називатися точкою об'єкта (рис. 2). Якщо вона не буде задовольняти цій умові, то відноситиметься до точки фону. Іншими словами, зображення $g(x, y)$, що отримують в результаті межової обробки, можна представити у вигляді:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{при } f(x, y) \geq T \\ 0 & \text{при } f(x, y) < T \end{cases}$$

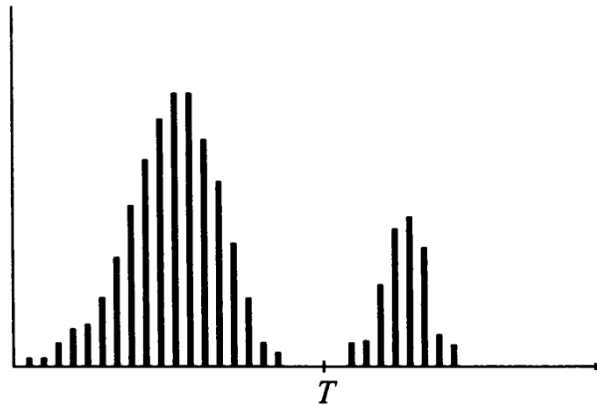


Рис. 2. Гістограма, яка утворюється при виборі межі на основі візуального аналізу

Таким чином, пікселі зі значенням 1 відповідають об'єктам, а пікселі, які мають значення 0, – фону вихідного зображення. Форму ділянок границь об'єкта можна кількісно описати за допомогою статистичних характеристик. Відображення сегмента границі полягає в представленні самої функції $g(x, y)$ як гістограми.

Саме так званий текстурний аналіз базується на статистичних властивостях гістограм яскравості. Формула для визначення n -го моменту відносно середнього статистичного має вигляд:

$$\mu_n = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^n p(z_i),$$

де z_i – випадкове значення, що позначає яскравість; $p(z_i)$ – гістограма розподілу рівня яскравості в певній області; L визначає кількість різних значень яскравості, а m описується виразом $m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i)$ і є середньою яскравістю області, які розраховуються в MATLAB за допомогою функції *statmoments*.

Для аналізу фотографій, отриманих на електронному мікроскопі (табл. 1), була проведена сегментація зображення за деякою ознакою. В даному випадку наявність чорного кольору *свідчить про глибокі розломи в зразку*. Саме базуючись на інтенсивності чорного кольору, проводився аналіз зразків.

Глобальний опис виходить при інтегруванні найбільших чорних кластерів на зображеннях, які вимірюються в пікселях. В результаті можна отримати гістограми, що дозволяють в кількісному значенні оцінити розломи на зразках. На рисунках 3–6 представлено гістограми зображень з таблиці 1 після статистичної обробки за допомогою програми MATLAB.

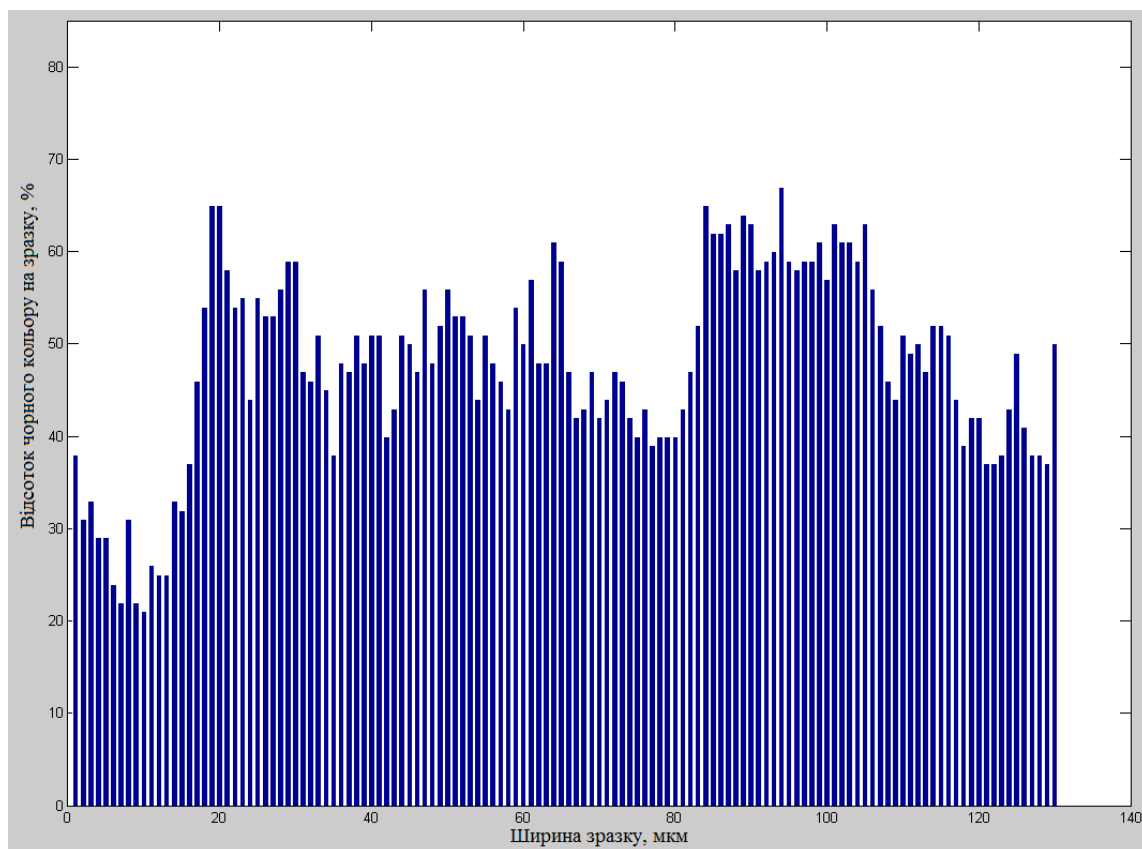


Рис. 3. Гістограма зображення зразку граніту Межиріцького родовища, що видобувався за допомогою буро-вибухового способу

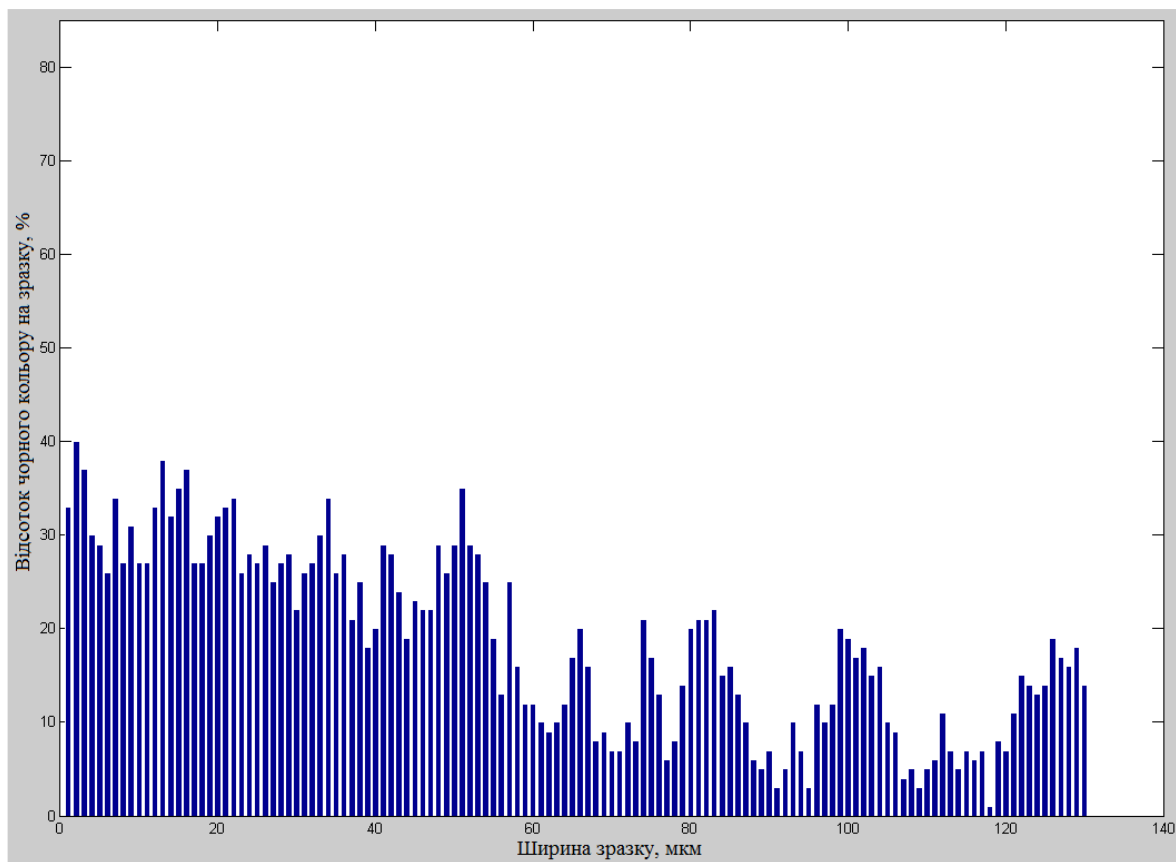


Рис. 4. Гістограма зображення зразку граніту Межиріцького родовища, що видобувався за допомогою канатного розтилу

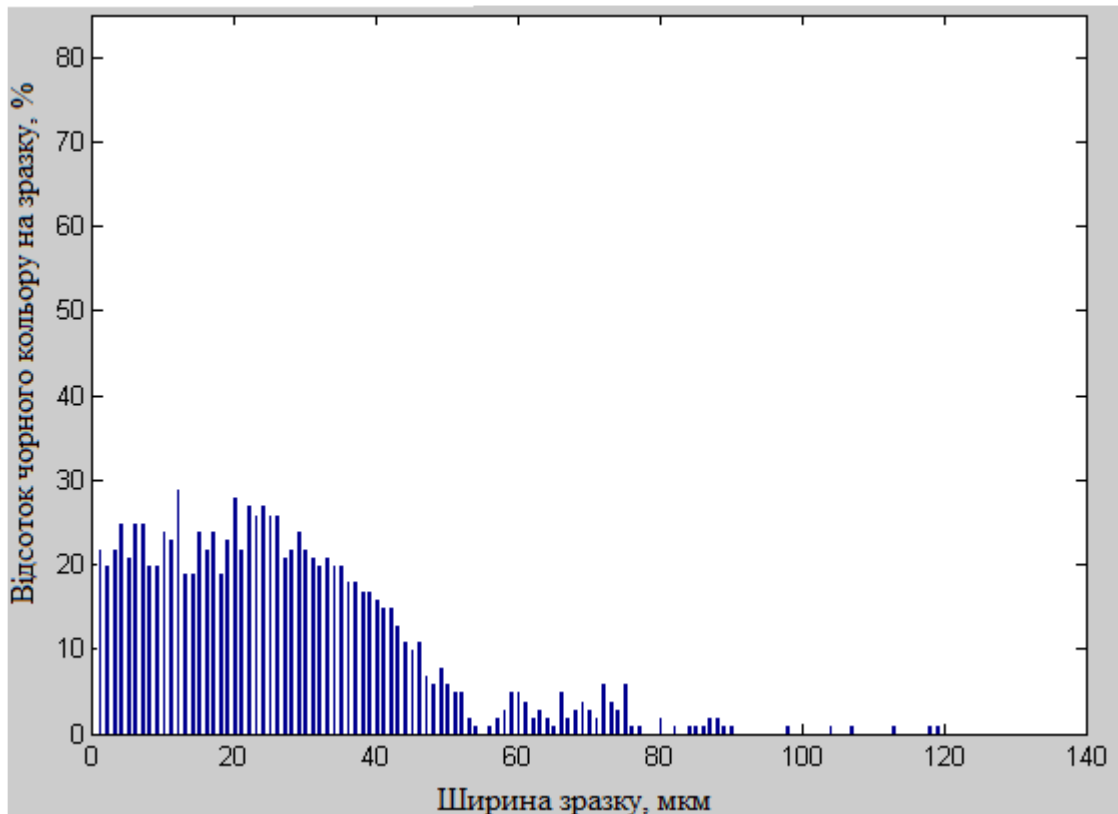


Рис. 5. Гістограма зображення зразку граніту Лезниківського родовища, що видобувався за допомогою буро-вибухового способу

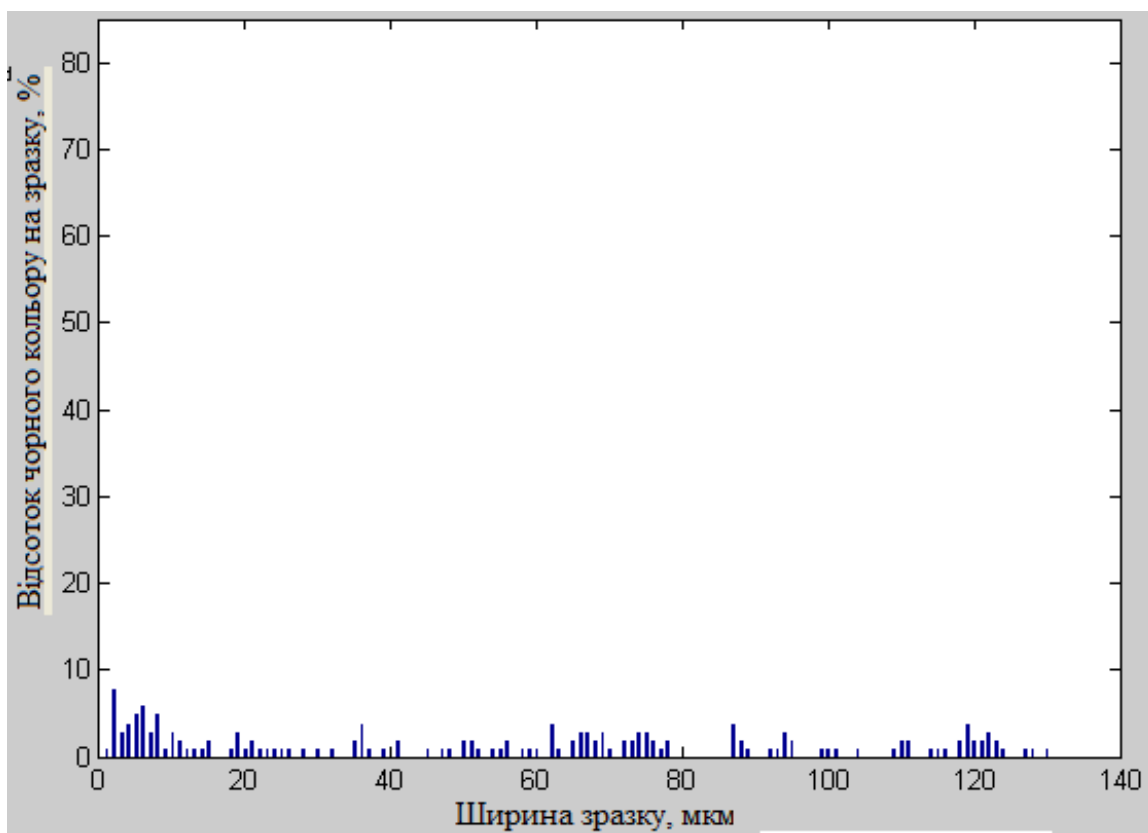


Рис. 6. Гістограма зображення зразку граніту Лезниківського родовища, що видобувався за допомогою канатного розливу

Статистична обробка гістограм

Родовище	Відсоток чорного кольору на зразку, %
Межиріцьке родовище – БВР	56,92
Межиріцьке родовище – КП	22,23
Лезниківське родовище – БВР	21,47
Лезниківське родовище – КП	4,61

Висновки. У роботі запропонована методика оцінки цифрових зображень тріщинуватості зразків гранітів з різних родовищ за допомогою програмного середовища MATLAB. Ці зображення отримані після проведення мікроскопічних досліджень зразків граніту, що видобуті при застосуванні різних технологій.

Враховуючи високі вимоги сьогодення до продукції з природного каменю, видна чітка необхідність застосування менш руйнівних методів розробки блочного каменю. Використання буро-вибухових методів видобутку сильно обмежено тим, що вибухова хвиля діючи на сітку природної тріщинуватості практично в 3 рази посилює процес тріщиноутворення і знижує як вихід блоків так і їх якість. І хоча канатний метод є найбільш фінансово затратний, однак дозволяє максимально повно використовувати запаси родовища та отримувати сировину високої якості.

Список використаної літератури:

1. Зуєвська Н.В. Вплив технології видобування природного каменю на його міцнісні характеристики / Н.В. Зуєвська // Проблеми гірського тиску : зб. наук. праць. – Донецьк : ДВНЗ «ДонНТУ», 2012. – № 1(20)–2(21). – С. 3–9.
2. Коробійчук В.В. Вплив бурових робіт на якість первинного моноліту при його відокремленні від масиву / В.В. Коробійчук, В.В. Котенко // Вісник ЖІТІ / Серія : Технічні науки. – 2008. – № 4. – С. 160–166.
3. Ткачук К.К. Аналіз впливу якості бурових робіт на видобуток блочного каменю / К.К. Ткачук, Т.В. Гребенюк // Перспективи освоєння підземного простору : матер. 6-ої міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених, аспірантів та студентів (м. Дніпропетровськ, 10–11 квіт. 2012 р). – Дніпропетровськ : НГУ, 2012. – С. 39–42.
4. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р.Гонсалес, Р.Вудс, С.Эддингс. – М. : Техносфера, 2006. – 616 с.
5. Бойко В.В. Проблеми сейсмічної безпеки вибухової справи на кар'єрах України / В.В. Бойко. – К. : ТОВ "Видавництво Сталь", 2012. – 235 с.
6. Миронов В.Л. Основы сканирующей микроскопии : учеб. пособие / В.Л. Миронов. – Нижний Новгород : Институт физики и микроструктуры РАН, 2004. – 114 с.
7. Зуєвська Н.В. Вплив технології видобутку природного каменю на мікрорельєф поверхні готових виробів / Н.В. Зуєвська, О.В. Горобчишин // Зб. наук. праць SWorld. – Т. 31. – 2014. – № 42. – С. 53–59.

ЗУЄВСЬКА Наталя Валеріївна – доктор технічних наук, професор кафедри геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:

- дослідження в галузі геобудівництва;
- видобування облицювального каменю.

Тел.: (050)982–17–70.

E-mail: zuevska@i.ua.

ПОЛІЩУК Валентина Омелянівна – старший викладач кафедри електромеханічного обладнання енергоємних виробництв Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:

- моделювання електромеханічних систем;
- IT-технології.

Тел.: (066)544–13–01.

E-mail: valemp@ukr.net.

ГОРОБЧИШИН Олег Вікторович – пошукач Національного технічного університету України "КПІ",
головний фахівець Державного гемологічного центру України (ДГЦУ).

Наукові інтереси:

- гемологія;

- технологія видобування облицовального каменю.

Тел.: (093)981-11-38.

E-mail: gorol@gems.org.ua.

Стаття надійшла до редакції 13.11.2014

Зуєвська Н.В., Полищук В.О., Горобчишин О.В. Цифрова обробка електронних зображень підповерхневої структури гранітних блоків за допомогою програми MATLAB

Зуевская Н.В., Полищук В.Е., Горобчишин О.В. Цифровая обработка электронных изображений подповерхностной структуры гранитных блоков с помощью программы MATLAB

Zuievskia N.V. , Polischuk V.O., Gorobchishin O.V. Digital image processing of the structure under surface of granite blocks using the program MATLAB

УДК 622.02

Цифровая обработка электронных изображений подповерхностной структуры гранитных блоков с помощью программы MATLAB / Н.В. Зуевская, В.Е. Полищук, О.В. Горобчишин

Долговечность облицовочных изделий из природного каменного материала зависит от целого комплекса физико-механических свойств горной породы. Наиболее существенная потеря прочности в гранитах наблюдается в зависимости от степени трещиноватости. В статье рассматривается применение микроскопического метода для оценки изменения степени трещиноватости образцов в зависимости от влияния технологии добычи сырья. Для цифровой обработки электронных изображений гранитных образцов нескольких месторождений, полученных с применением взрывной технологии добычи и канатного пиления, используется программный пакет MATLAB.

Ключевые слова: микроскопический метод; трещиноватость; глубина трещин; долговечность; дефекты; потеря прочности в гранитах.

УДК 622.02

Digital image processing of the structure under surface of granite blocks using the program MATLAB / N.V. Zuievskia, V.O. Polischuk, O.V. Gorobchishin

Durability facing products from the natural stone materials depends of the complex of physical and mechanical properties of rock. The most important loss of strength in the granites observed depending on the degree of fracturing. The article discusses the use of the microscopic method for estimating changes in the degree of fracture depending on technology of extraction of raw materials. Was used a software package MATLAB for digital processing of electronic images of granite specimens from of several quarries obtained from the application of mining explosive technology and technology of cutting rope.

Keywords: microscopic method; fractures; deep cracks; durability; defects; loss of strength in the granites.