

**О.В. Горобчишин, аспір.
Н.В. Зуєвська, д.т.н., проф.
О.Є. Мацук, магістр**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИДОБУТКУ БЛОЧНОГО КАМЕНЮ НА ЙОГО ПІДПОВЕРХНЕВУ СТРУКТУРУ

Розглянуто можливість використання електронної мікроскопії для дослідження впливу видобутку блочного каменю на його підповерхневу структуру та проведено аналіз отриманих фотозображень. Дане дослідження допоможе візуально оцінити вплив обраного методу та його актуальність. Запропонована методика підвищує ступінь достовірності і надійності висновків, вона може становити практичний інтерес для наукових співробітників і практиків, що займаються проблемами дослідження якості блочного каменю, дає можливе створення системи накопичення, зберігання і використання необхідної та достовірної інформації при оцінці якісних параметрів порід.

Ключові слова: *дефекти, мікротріщини, обробка, фотозображення, камінь.*

Постановка проблеми. В Україні видобувають і переробляють величезну кількість граніту найвищої якості та кольорів на будь-який смак. Більшість досліджень спрямовані на вивчення якісних характеристик блочного масиву, але слід враховувати, що значно впливає на кінцеву якість каменю метод видобутку. Основна мета виробничого процесу видобутку каменю – це добування комерційних блоків високої якості та максимальне збереження природної монолітності і цілісності блока. Актуальною проблемою на сьогодні є дослідження впливу основних методів видобутку блочного каменю (буро-вибуховий спосіб та канатне різання) на його підповерхневу структуру. Удосконалення відомих методів видобутку гранітних блоків та якісна оцінка їх використання повинні забезпечувати підвищення економічних показників виробництва та його конкурентноздатність на сучасному світовому ринку природного каменю.

Аналіз існуючих досліджень і публікацій. Використання алмазно-канатного різання при відділенні блоків від масиву міцних порід забезпечує зниження втрат природного каменю в 1,8 раза, порівняно з буро-вибуховим способом, в 1,3 раза, порівняно з буро-клиновим, в 1,1 раза, порівняно з термогазоструйним способом [1, 2]. Разом з тим, значні витрати на алмазно-канатне різання стримують впровадження цього способу і вимагають застосування комбінованих способів видобутку. Тому в багатьох роботах проводилося обґрунтування вибору способу відділення при видобутку блоків міцних порід природного каменю, що враховує технологічні параметри видобувного і розпилювального обладнання, яке ґрунтується на економічній ефективності виробництва продукції на каменеобробному підприємстві [3].

Застосування канатного різання стало дуже популярним за останні 20 років на мармурових і за останні 10 років – на гранітних кар'єрах. Крім того на початку 90-х років ХХ століття алмазно-канатне різання почали застосовувати при пасеровці (надання блокам правильної форми) і обробці природного каменю за допомогою як одно- (моно), так і багатоканатних (multiwire) верстатів, практично витіснивши штріпсові пилорами з ринку машинобудування для каменеобробної індустрії, що пов'язано з простотою заміни ріжучого інструменту, істотним зниженням споживання електроенергії, якістю і кількістю випущеної продукції та іншими економічними і ергономічними факторами. Якщо ще 10 років тому застосування даної технології економічно виправдовувалося в Україні тільки при видобутку лабрадоритів, у зв'язку з високою вартістю канату, то на сьогоднішній день ця технологія успішно застосовується і на кар'єрах з видобутку габро, гранітів і схожих з ними порід [4].

Дослідження авторів з даної тематики виконувалися з метою визначення впливу технології видобування природного каменю на його міцнісні характеристики, а також удосконалення і розвитку методів відділення монолітів від масиву гірських порід. В роботах [5, 6] була описана і запропонована нова методика дослідження крайових зон гірських порід, яка дає можливість одержувати великий обсяг інформації про якість блоків природного декоративного каменю.

У розвиток досліджень, пов'язаних з впливом видобутку блочного каменю на його якісну оцінку, зробили значний внесок В.В. Коробійчук, В.В. Котенко, В.В. Бойко, Н.В. Зуєвська, В.Г. Кравець, К.К. Ткачук [7] та інші.

Метою проведеного дослідження є використання растрового електронного мікроскопу РЕМ-106І, для оцінки впливу обраних методів видобутку блочного каменю на його підповерхневу структуру.

Викладення основного матеріалу дослідження. Видобуток блоків є досить трудомістким і дорогим процесом. Скриті дефекти і порушення монолітності каменя призводять часто до великих його втрат при

переробці. Можна сказати, що поки не має єдиного універсального метода, який дозволив би вирішити всі завдання, пов'язані з поверхнею, але ключовими методами, які представляють три умовних напрямки дослідження поверхні, належать: спектроскопію, дифракцію і мікроскопію. Разом дані методи дозволяють дослідити електронну структуру твердих тіл, вивчити хімічний склад і структуру поверхні, процеси, які протікають на поверхні, дають зображення поверхні з атомним розширенням.

Особливу увагу слід приділити методам, що дозволяють швидко отримати дані про хімічний склад і зміну структури поверхні; до таких належить електронна мікроскопія – вона дає можливість розглянути дане питання на мікрорівні.

Електронна мікроскопія, сукупність електронно-зондових методів дослідження мікроструктури твердих тіл, їх локального складу і мікрополів (електричних, магнітних і ін.) за допомогою електронних мікроскопів (ЕМ) – приладів, в яких для отримання збільшених зображень використовують електронний пучок. Електронний мікроскоп завдяки високій роздільній здатності (більш ніж на два порядки вище, порівняно зі світловим мікроскопом) дозволяє спостерігати тонкі особливості деталі структури мікрооб'єктів на атомно-молекулярному рівні [8].

Електронна мікроскопія містить також методики підготовки досліджуваних об'єктів, обробки та аналізу результуючої інформації. Розрізняють два головні напрямки електронної мікроскопії: трансмісійну (просвічує) і растрову (скануюче). Вони дають якісно різну інформацію про об'єкт дослідження і часто застосовуються спільно. Відомі також відбивна, емісійна, оже-електронна, лоренцова та інші види електронної мікроскопії.

На сьогодні можливі растрові електронної мікроскопії використовуються практично у всіх галузях науки і промисловості – від біології до наук про матеріали. Гнучке управління мікроскопами дозволяє значно знизити електронно-променеві пошкодження зразків, підвищує достовірність і відтворюваність результатів аналізу мікроструктури, полегшують працю дослідників.

РЕМ (растровий електронний мікроскоп) – прилад класу електронний мікроскоп, призначений для отримання зображення поверхні об'єкта з високим (до 0,4 нанометра) просторовим дозволом, також інформації про склад, будову та деяких інших властивостях при поверхневих шарів, заснований на принципі взаємодії електронного пучка з досліджуваним об'єктом в умовах "глибокого вакууму".

Перевагою РЕМ є велика глибина поля зору і простота пробопідготовки, що робить його незамінним інструментом в ряді розділів геологічних наук.

Палеонтологія. РЕМ ідеально підходить для вивчення морфології тканин і класифікації тканин на мікрорівні.

Седиментологія. Можливо дослідити в тривимірному просторі морфологію окремих зерен осадових включень.

Мінералогія. РЕМ дуже ефективний при вивченні морфології кристалів на макрорівні (10^{-8} – 10^{-2}).

Використання РЕМ значно розширює дослідницькі можливості біологів, ґрунтознавців та матеріалознавців. Різноманіття областей застосування РЕМ пов'язано з різними механізмами взаємодії електронів із кристалічними твердими тілами.

Наведений нижче рисунок ілюструє принципову схему РЕМ: тонкий електронний зонд (електронний пучок) спрямовується на аналізований зразок. У результаті взаємодії між електронним зондом і зразком генеруються низько енергетичні вторинні електрони, які збираються детектором вторинних електронів. Кожен акт зіткнення супроводжується появою електричного сигналу на виході детектора. Розроблені методики, які дозволяють досліджувати не тільки властивості поверхні зразка, а й візуалізувати інформацію про властивості під поверхневих структур. Все це несе інформацію про природу об'єкта. Інтенсивність електричного сигналу залежить як від природи зразка (меншою мірою), так і від топографії (більшою мірою) зразка в області взаємодії [9].

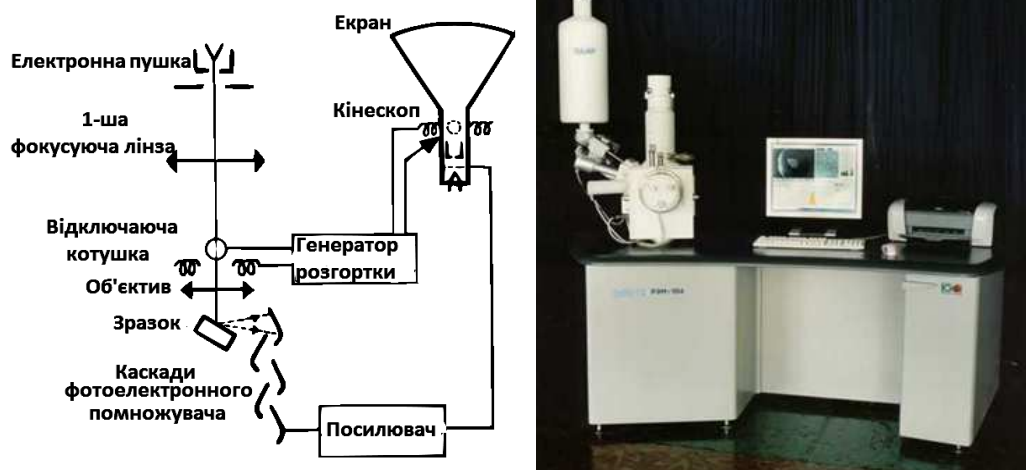


Рис. 1. Схема роботи
растрового мікроскопа РЕМ-106І

За допомогою растрового електронного мікроскопу РЕМ-106І (рис. 2), який дозволив визначити хімічний склад в діапазоні атомних номерів від 11(Na) до 92 (U) з локальністю до 1 мкм; зробити фотографію відображення в режимі Сомро (фазовий режим) і режимі Торо (контраст рельєфу) та вторинних електронах з роздільністю до 10 нм при збільшенні від $\times 15$ до $\times 100000$, було проведено дослідження.

Отже, незалежно від того, що виникло багато методів, які дозволяють більш детально розглянути поверхню твердого тіла і охарактеризувати її за десятками показників, растрова мікроскопія залишається швидким й актуальним методом дослідження, який досить чітко розглядає зміну структури поверхні. За допомогою РЕМ можливо уточнення видової оцінки, групової належності, виявлення особливостей поверхневої структури зразка.

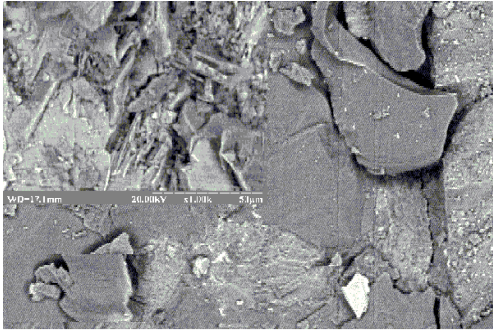
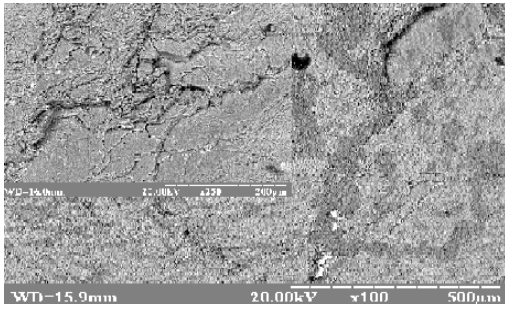

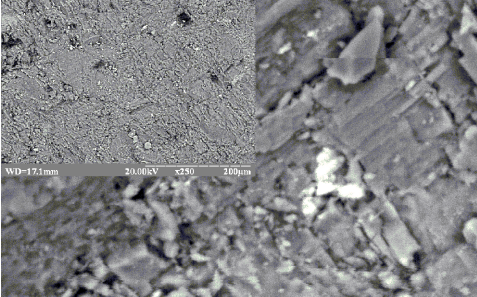
У зв'язку з тим, що запропонована методика підвищує ступінь достовірності і надійності висновків, вона може становити практичний інтерес для наукових співробітників і практиків, що займаються проблемами дослідження якості блочного каменю. Крім того, за допомогою методу РЕМ можливе створення системи накопичення, зберігання і використання необхідної та достовірної інформації при оцінці якісних параметрів порід або якого-небудь іншого досліджуваного матеріалу. Оскільки ринок визначає попит, сьогодні особливо гостро стоїть проблема якості. У кінцевому підсумку все це сприятиме створенню системоутворюючих моментів швидкого розпізнавання довговічності каменю дозволить внести певний внесок в розвиток видобувної промисловості та виготовлення якісної продукції.

Обрані чотири зразками граніту, видобуті буро-вибуховим способом та за допомогою канатної пили з таких родовищ, як Межгірське і Лезниківське. Дослідження проводилося на зразках взятих з середини блока. Результати проведеного аналізу зразків граніту наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати проведеного аналізу зразків граніту

Родовище	Спосіб видобутку	Фотозображення	Хімічний склад, %.
----------	------------------	----------------	--------------------

Межигірське	<i>БВР</i>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Елементи</th> <th>С, %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Al</td> <td>1,21</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>73,07</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>5,44</td> </tr> <tr> <td>Ca</td> <td>2,84</td> </tr> <tr> <td>Ti</td> <td>1,96</td> </tr> <tr> <td>Fe</td> <td>8,22</td> </tr> <tr> <td>Zr</td> <td>2,59</td> </tr> <tr> <td>La</td> <td>2,44</td> </tr> <tr> <td>Ce</td> <td>2,22</td> </tr> </tbody> </table>	Елементи	С, %	Al	1,21	Si	73,07	K	5,44	Ca	2,84	Ti	1,96	Fe	8,22	Zr	2,59	La	2,44	Ce	2,22
	Елементи	С, %																					
Al	1,21																						
Si	73,07																						
K	5,44																						
Ca	2,84																						
Ti	1,96																						
Fe	8,22																						
Zr	2,59																						
La	2,44																						
Ce	2,22																						
<i>Канатне пиляння</i>																							
Лезниківське	<i>БВР</i>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Елементи</th> <th>С, %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Al</td> <td>4,43</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>24,67</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>25,00</td> </tr> <tr> <td>Ca</td> <td>3,64</td> </tr> <tr> <td>Ti</td> <td>1,19</td> </tr> <tr> <td>Fe</td> <td>34,65</td> </tr> <tr> <td>Zr</td> <td>2,89</td> </tr> <tr> <td>La</td> <td>2,27</td> </tr> <tr> <td>Ce</td> <td>1,25</td> </tr> </tbody> </table>	Елементи	С, %	Al	4,43	Si	24,67	K	25,00	Ca	3,64	Ti	1,19	Fe	34,65	Zr	2,89	La	2,27	Ce	1,25
	Елементи	С, %																					
Al	4,43																						
Si	24,67																						
K	25,00																						
Ca	3,64																						
Ti	1,19																						
Fe	34,65																						
Zr	2,89																						
La	2,27																						
Ce	1,25																						
<i>Канатне пиляння</i>																							

Висновки. Проаналізувавши результати дослідження, можна стверджувати, що не залежно від місця розташування і хімічного складу зразків граніту, в досліджених зразках при застосуванні буро-вибухової техніки пошкодження каменю в кількісному і якісному співвідношенні будуть значно суттєвіші. Спостерігається велика кількість розломів значних розмірів, що знижує якість блочного каменю і перешкоджає використанню отриманого матеріалу за призначенням.

Граніт, видобутий канатною пилою, характеризується незначною кількістю мікротріщин підповерхневої структури. І хоча канатний метод є найбільш фінансово затратним, однак дозволяє максимально повно використовувати запаси родовища та отримувати сировину високої якості.

Список використаної літератури:

1. Зуєвська Н.В. Зміна міцнісних характеристик гранітних блоків в залежності від способу видобування / Н.В. Зуєвська // Вісті Донецького гірничого ін-ту (ДВНЗ «ДонНТУ»). – 2012. – № 1 (30)–2 (31). – С. 446–470.
2. Бойко В.В. Проблеми сейсмічної безпеки вибухової справи на кар'єрах України / В.В. Бойко. – К. : ТОВ "Видавництво Сталь", 2012. – 235 с.
3. Розвиток комбінованого методу відділення монолітів від масиву гірських порід / В.Г. Кравець, К.К. Ткачук, А.Л. Ган та ін. // Вісник НТУУ«КПІ» / Серія : Гірництво. – 2010. – Вип. 19. – С. 69–78.
4. Зуєвська Н.В. Вплив технології видобування природного каменю на його міцнісні характеристики / Н.В. Зуєвська // Проблеми гірського тиску : зб. наук. пр. – 2012. – № 1 (20)–2 (21). – С. 3–9.
5. Коробійчук В.В. Управління якістю каменю блоків декоративного каменю за допомогою кваліметричних та інформаційно-комп'ютерних технологій : дис. канд. тех. наук : 05.15.03 / В.В. Коробійчук. – Житомир, 2008. – 230 с.
6. Коробійчук В.В. Вплив бурових робіт на якість первинного моноліту при його відокремленні від масиву / В.В. Коробійчук, В.В. Котенко // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 2008. – № 4. – С. 160–166.
7. Ткачук К.К. Аналіз впливу якості бурових робіт на видобуток блочного каменю / К.К. Ткачук, Т.В. Гребенюк // Перспективи освоєння підземного простору : матер. VI міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених, аспірантів та студентів (10–11 квіт. 2012 р.). – Дніпропетровськ : НГУ, 2012. – С. 39–42.
8. Миронов В.Л. Основы сканирующей микроскопии : учеб. пособие / В.Л. Миронов. – Нижний Новгород : Институт физики и микроструктуры РАН, 2004. – 114 с.
9. Находкін М.Г. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки : підручник / М.Г. Находкін, Д.І. Шека. – К. : Вид.-поліграф. центр "Київський університет", 2005. – 431 с.

ГОРОБЧИШИН Олег Вікторович – аспірант кафедри гірничого будівництва та гірничих технологій інституту енергозбереження та енергоменеджменту.

Наукові інтереси:

- якості блочного каменю.

ЗУЄВСЬКА Наталя Валеріївна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри гірничого будівництва та гірничих технологій інституту енергозбереження та енергоменеджменту.

Наукові інтереси:

- гірництво.

МАЦУК Олександра Євгеніївна – магістр кафедри гірничого будівництва та гірничих технологій інституту енергозбереження та енергоменеджменту.

Наукові інтереси:

- дослідження якості блочного каменю.
- гірництво.

Стаття надійшла до редакції 21.10.2013