

**Встановлені закономірності зміни блиску та світлоти Покостівського гранодіориту в залежності від шорсткості поверхні каменю після шліфування-полірування. Запропонована класифікація Покостівського гранодіориту за забарвленням та світлотою. Визначений механізм регулювання світлотою каменю та види Покостівського гранодіориту, між якими проводиться регулювання, для забезпечення мінімальної відмінності між різними за світлотою каменями**

**Ключові слова:** світлота каменю, Покостівський гранодіорит, шліфування-полірування, блиск каменю, забарвлення каменю, шорсткість поверхні каменю

**Установлены закономерности изменения блеска и светлоты Покостовского гранодиорита в зависимости от шероховатости поверхности камня после шлифовки-полировки. Предложенная классификация Покостовского гранодиорита за окраской и светлотой. Определен механизм регулирования светлотой камня и виды Покостовского гранодиорита, между которыми производится регулировка, для обеспечения минимального отличия между разными за светлотой камнями**

**Ключевые слова:** светлота камня, Покостовский гранодиорит, шлифовка-полировка, блеск камня, окраска камня, шероховатость поверхности камня

УДК 679.8.02

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.28036

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШЛІФУВАННЯ- ПОЛІРУВАННЯ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ НА ЙОГО БЛИСК ТА ВІДТІНКИ СВІЛОТИ

В. І. Шамрай

Аспірант\*

E-mail: vp97776@gmail.com

В. В. Коробійчук

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: kgtkvv2@rambler.ru

\*Кафедра розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М. Т.

Житомирський державний технологічний університет  
вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, Україна, 10005

## 1. Вступ

Одним з головних параметрів, що характеризує декоративність каменю, є колір (забарвлення), сприйняття якого обумовлено різним розподілом енергії по спектрах світлового потоку, що потрапляє в зоровий аналізатор. Колір породи має вирішальне значення при виборі сировини для виготовлення певних груп виробів, наприклад, для ритуальних цілей. Крім того, забарвленість породи певного виду каменю може вказувати не лише на його популярність для використання у вказаних цілях, але і про доцільність його використання для цього, наприклад, свідчити про ступінь вивітреності гранітоїдів.

При видобуванні блоків природного каменю на різних горизонтах кар'єру, змінюється мінеральний склад та структура каменю, а також властивості природного каменю. При фактурній обробці плит з різних блоків природного каменю, що були видобуті на різних глибинах чітко спостерігаються відмінності у їх структурі, забарвленні та світлоті. При використанні різнотипних за забарвленням та світлотою каменю в облицюванні будівель та споруд існує чуттєва відмінність при сприйнятті зоровим аналізатором. Таким чином, при облицюванні будівель та споруд або інших будівельних робіт із використанням природного

каменю, особливо коли такі роботи мають великий обсяг, виникає проблема із підбором однотонних плит, оскільки один і той самий вид каменю має різну світлоту при його однаковій фактурній обробці.

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Дослідженням визначення якісних показників природного каменю займалися W. Dawei, C. Xianhua, O. Markus, S. Helge, S. Bernhard [1], A. Hideo, T. Hidetoshi, K. Seong-Woo, A. Natsuko, K. Koji, Y. Tsutomu, D. Toshiro [2], в працях яких були вивчені зміни мікро-текстури породоутворюючих мінералів при шліфуванні-поліруванні природного каменю за допомогою мікроскопії та спектрального аналізу та вплив розміру алмазного зерна на формування мікро-текстури мінералу. В цих дослідженнях не було розглянуто вплив на природний камінь, як сукупність мінералів. Не були досліджені переходи між зернами при шліфуванні-поліруванні. Також в [3] були експериментально досліджені процеси абразивної обробки природного каменю. H. Yavuz, T. Ozkahraman, S. Demirdag [4] дослідили зміну блиску в залежності від шорсткості поверхні каменю, однак, при цьому, не були вивчені високоцінні природні камені.

В роботі [5] досліджено вплив високих температур на зміну властивостей каменю, за допомогою цифрової обробки зображень. Із збільшенням температури камінь світлішає. Чорно-біла цифрова обробка зображення використовувалась при дослідженні впливу вивітрювання та дії солей на камінь, при виявленні висвітлених ділянок на його поверхні [6]. Також в [7] доведено, що насиченість кольору втрачається при дії навколишнього агресивного середовища, і, камінь світлішає, і далі потребує реставраційних робіт. Аналіз літературних джерел показує, що багато досліджень пов'язані із вивченням особливостей мікро-текстури каменю, впливу агресивного середовища, але не було досліджено зміну кольорних ознак в межах родовища, та регулювання таких ознак при обробці природного каменю.

### 3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є вивчення закономірностей зміни світлоти та блиску на різних стадіях фактурної обробки.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- визначити види Покостівського гранодіориту, які мають відмінності у світлоті та забарвленні;
- встановити закономірності зміни світлоти та блиску Покостівського гранодіориту в залежності від шорсткості поверхні каменю;

### 4. Матеріали та методи дослідження впливу шліфування-полірування на блиск та світлоту

#### 4.1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовувались в експерименті

Згідно з діючими вимогами [8], для проведення оцінки якості використовуються зразки з Покостівського гранодіориту розмірами 400x250x10 мм, які були відібрані після кожного шліфування-полірування різними номерами алмазного інструменту по декілька зразків після процесу обробки в залежності від кількості проходжень алмазним інструментом для точної характеристики впливу фактурної обробки на декоративність каменю. Варто зазначити, що зразки були відібрані з плит, вирізаних з одного блоку. Прожилки, плями та інші дефекти природного каменю, були відокремлені з плит, для забезпечення рівномірної структури відібраних зразків, шляхом їх вирізання.

Для обробки плит використовувався плоскошліфувальний верстат з такими технічними характеристиками (табл. 1).

Таблиця 1

Технічні характеристики плоскошліфувального верстату

Технічні характеристики	Значення
Витрата води	30 л/хв.
Швидкість обертання робочої головки	1460 об./хв.
Швидкість підймання головки	1,98 м/хв.
Швидкість переміщення каретки	3,96 м/хв.

В якості алмазного інструменту використовувались фікертти з номерами та зернистістю, які показані

в табл. 2. Також показана кількість проходжень цими номерами. Така схема використання алмазного інструменту дозволяє отримати якісну поверхню каменю і забезпечити її блиск. Блиск Покостівського гранодіориту відповідає другій категорії за відбивною здатністю (ГОСТ 9479-84) і забезпечується відповідно такою фактурною обробкою.

Таблиця 2

Характеристика використовуваного алмазного інструменту

К-ть проходжень	Номери інструменту	Зернистість, мкм
1	№ 240	200/160
4	№ 400	80/63
2	№ 600	60/40
2	№ 800	40/28
2	№ 1200	28/20
1	Полірувальний	1/0

#### 4.2. Методика визначення показників світлоти та блиску

Для вирішення завдань аналізу зовнішнього виду поверхні необхідно сформувати цифрове зображення поверхні об'єкту каменю і виконати його обробку засобами сучасної обчислювальної техніки [9].

Приклад визначення кольорових координат Lab в програмі Mdistones наведено на рис. 1.

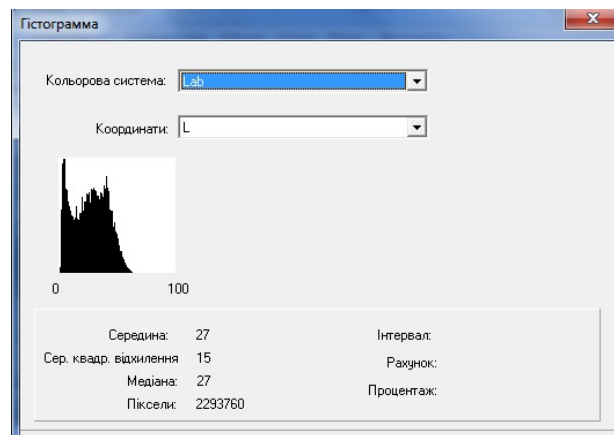


Рис. 1. Опрацювання зображення поверхні зразка в програмі Mdistones

Методика дослідження полягає в наступному:

- виконується фактурна обробка заготовки фікерттами різних номерів на плоскошліфувальному верстаті;
- після проходження кожним номером вирізається зразок каменю без плям та дефектів;
- зразки висушують та виконують сканування обробленої поверхні;
- вимірюється блиск зразків;
- отримане зображення опрацьовується в програмі Mdistones;
- визначаються середні показники світлоти L в системі Lab для кожного отриманого зображення.

**5. Дослідження зміни блиску та світлоти  
Покостівського гранодіориту**

Основним якісним показником полірованої поверхні є блиск. В залежності від шорсткості поверхні каменю, був побудований графік зміни блиску (рис. 2).

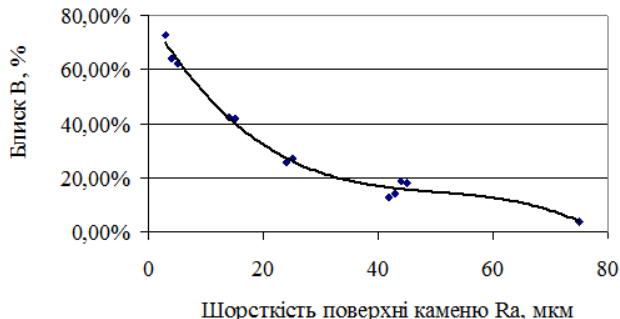


Рис. 2. Графік набуття блиску плити з Покостівського гранодіориту в залежності від шорсткості поверхні каменю

В залежності від шорсткості поверхні каменю, блиск В для Покостівського гранодіориту описується кубічною залежністю та можна розрахувати за наступною формулою:

$$V = -4 \cdot 10^{-6} Ra^3 + 0,0007 Ra^2 + 0,0355 Ra + 0,8002, \% \quad (1)$$

де В – блиск, %; Ra – шорсткість поверхні каменю, мкм.

Характерною особливістю Покостівського гранодіориту є те, що він має різне забарвлення. Покостівський гранодіорит видобувається на 5 кар'єрах, що мають відмінності у хімічному, мінералогічному складі, а також мають вміст різних домішок, які впливають на його забарвлення. Блакитні відтінки утворюються завдяки наявності наддрібних мінеральних (рутил, ільменіт) і газорідних включень. Калієві польові шпати (мікроклін і плагіоклаз) надають гранітоїдам червоні і рожеві кольори, рідше кремові, білі і світло-сірі. Плагіоклази надають гранітоїдам білі, світло-сірі і сірі до чорного кольори, іноді зеленуватий, жовтувато- і сірувато-зелений відтінок (через мікрровключення зелених залізовміщуючих силікатів), це пов'язано з вторинними змінами плагіоклазів – утворенням хлориту, епідоту. Темноколірні мінерали – біотит, рогова обманка, піроксен – практично не впливають на загальне сприйняття забарвлення гранітоїдів і лише при їх вмісті 15–20 % породи отримують сірий або темно-сірий колір [10]. Авторами запропонована класифікація Покостівського гранодіориту, яка показана на рис. 3.

При шліфуванні плит з природного каменю різними номерами інструменту спостерігається зміна його світлоти. В залежності від шорсткості поверхні каменю, був побудований графік зміни світлоти (рис. 4).

Як видно з рис. 6 існує чітка тенденція до зменшення світлоти із зменшенням шорсткості поверхні каменю, що характеризує рівномірність зміни тону та покращення декоративності каменю.

В залежності від шорсткості поверхні каменю, світлота L для Покостівського гранодіориту описується кубічною залежністю та можна розрахувати за наступною формулою:

$$L = 8 \cdot 10^{-5} Ra^3 - 0,0084 Ra^2 + 0,2762 Ra + 26,976, \text{ од.}, \quad (2)$$

де L – світлота, од.; Ra – шорсткість поверхні каменю, мкм.

Для того, щоб забезпечити однакову світлоту полірованої плити з Покостівського гранодіориту різних з початковою світлотою плит та однаковим забарвленням, темніший камінь, слід обробляти номерами, що вказані в табл. 2. Для світлого каменю продовжують шліфування номерами з малою зернистістю, в даному експерименті були використані № 1500 (зернистість – 20/14), № 2000 (зернистість – 10/7), № 3000 (зернистість – 5/3). На рис. 5 показаний світлий Покостівський гранодіорит з червоним відтінком при звичайній обробці та після

додаткової обробки, яка зменшує світлоту каменю. Також показана зміна світлоти в залежності від шорсткості поверхні каменю при додатковій обробці (рис. 6).



Рис. 3. Класифікація Покостівського гранодіориту за забарвленням та світлотою; Lсер – компонента системи Lab, яка відповідає за світлоту тону

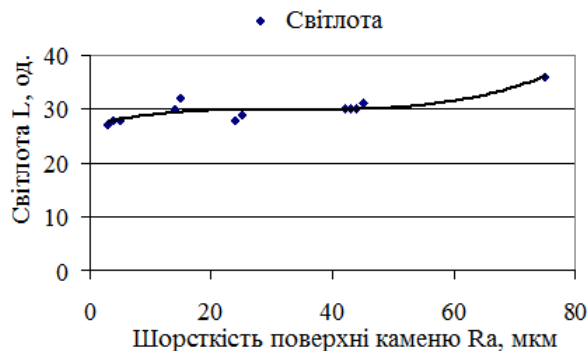
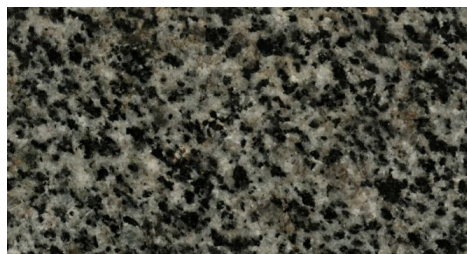
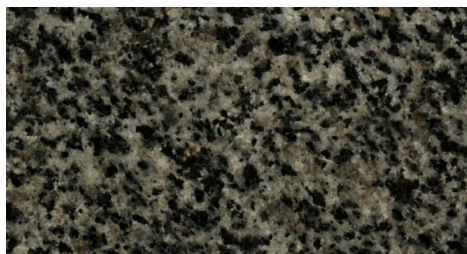


Рис. 4. Графік зміни світлоти плити з Покостівського гранодіориту в залежності від шорсткості поверхні каменю



а



б

Рис. 5. Відмінність у світлоті (система Lab) після полірування світлого Покостівського гранодіориту з червоним відтінком: а – вигляд полірованої поверхні каменю при звичайній обробці (L=32; a=9; b=-5); б – вигляд полірованої поверхні каменю з використанням додаткових номерів малої зернистості (L=27; a=9; b=-4)

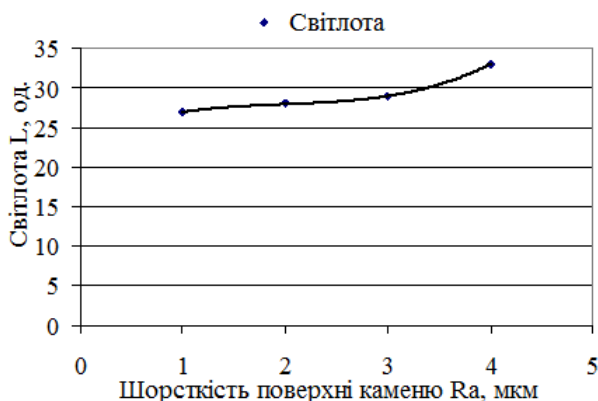


Рис. 6. Зміна світлоти каменю при додатковій обробці дрібнозернистими номерами алмазного інструменту

В залежності від шорсткості поверхні каменю, світлота L для Покостівського гранодіориту описується кубічною залежністю та можна розрахувати за наступною формулою:

$$L = 0,5Ra^3 - 3Ra^2 + 6,5Ra + 23, \text{ од.} \quad (3)$$

де L – світлота, од.; Ra – шорсткість поверхні каменю, мкм.

### 6. Обговорення результатів дослідження впливу шліфування-полірування на блиск та світлоту каменю

Існує багато родовищ природного облицювального каменю, які мають відмінності у забарвленні та світ-

лоті після фактурної обробки поверхонь каменю. Такі родовища можуть мати одну торгову марку і розробляться недалеко один від одного. Так, Покостівське родовище гранодіоритів розробляється п'ятьма кар'єрами, поліровані плити з різних блоків має різну світлоту та забарвлення, але блоки мають одну торгову марку. Розроблена класифікація (рис. 3) дозволить розробити нові торгові марки, що забезпечить повноту інформації про текстурні властивості природного облицювального каменю для вибору схеми шліфування-полірування.

Камінь темнішає (L – світлота зменшується) із зменшенням шорсткості поверхні каменю (рис. 4). Як і світлота, блиск зростає із зменшенням шорсткості поверхні каменю. Але для різних видів каменю існує граничний блиск, після якого значення блиску є незмінними. Блиск Покостівського гранодіориту забезпечується при шорсткості поверхні каменю 3 мкм (рис. 2). При подальшому поліруванню, блиск каменю збільшується, але таке його зростання є незначним. На відміну від блиску, світлота каменю із зменшенням шорсткості поверхні продовжує зменшуватись в кубічній залежності (рис. 6). Таким чином, можливо регулювати відтінками світлоти каменю, для забезпечення мінімальної відмінності полірованих поверхонь.

Відповідно до класифікації можливо забезпечити мінімальну відмінність полірованих поверхонь каменів з однаковим забарвленням: із світлого до темного (з червоним та синім відтінком) із темного до дуже темного (з синім відтінком). Оскільки із зменшенням шорсткості поверхні каменю кольорові координати зменшуються [9], відповідно до цього насиченість кольору зростає, і, тому, відмінність у різнозабарвлених каменів буде більшою. Відповідно до цього, в подальшому дослідження можна використати для матеріалів, які змінюють відтінки світлоти при шліфуванні-поліруванні. А також розробити шляхи регулювання забарвленням матеріалу, для забезпечення мінімальної їх відмінності.

### 7. Висновки

В результаті проведеного експерименту були виявлені наступні особливості.

1. Запропонована класифікація Покостівського гранодіориту за забарвленням та світлотою дозволить в подальшому ввести його нові торгові марки, що забезпечить відповідність блоків до вимог якості та їх розпізнавання для правильного вибору фактурної обробки.

2. Камінь темніє із зменшенням шорсткості поверхні каменю, відповідно до класифікації, можливо забезпечити мінімальну відмінність полірованих поверхонь каменів з однаковим забарвленням: із світлого до темного (з червоним та синім відтінком) із темного до дуже темного (з синім відтінком).

3. Розпізнавання різних за світлотою та відтінком блоків вирішується за допомогою введення нових торгових марок або безпосередньо визначається на каменеобробному підприємстві на підставі комп'ютерної обробки зображення поверхні каменю та співставлення з класифікацією для вирішення завдань із підбором світлоти полірованої поверхні.



## Література

1. Dawei, W. Study of micro-texture and skid resistance change of granite slabs during the polishing with the Aachen Polishing Machine [Text] / W. Dawei, C. Xianhua, O. Markus, S. Helge, S. Bernhard // *Wear*. – 2014. – Vol. 318, Issue 1–2. – P. 1–11. doi: 10.1016/j.wear.2014.06.005
2. Hideo, A. Evaluation of subsurface damage in GaN substrate induced by mechanical polishing with diamond abrasives [Text] / A. Hideo, T. Hidetoshi, K. Seong-Woo, A. Natsuko, K. Koji, Y. Tsutomu, D. Toshiro // *Applied Surface Science*. – 2014. – Vol. 292. – P. 531–536. doi: 10.1016/j.apsusc.2013.12.005
3. Xie, J. Parameterization of Micro-Hardness Distribution in Granite Related to Abrasive Machining Performance [Text] / J. Xie, J. Tamaki // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2007. – Vol. 186, Issue 1-3. – P. 253–258. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2006.12.041
4. Yavuz, H. Polishing experiments on surface quality of building stone tiles [Text] / H. Yavuz, T. Ozkahraman, S. Demirdag // *Construction and Building Materials*. – 2011. – Vol. 25, Issue 4. – P. 1707–1711. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.10.016
5. Ozguven, A. Investigation of some property changes of natural building stones exposed to fire and high heat [Text] / A. Ozguven, Y. Ozelik // *Construction and Building Materials*. – 2013. – Vol. 38. – P. 813–821. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.09.072
6. Vazquez, M. Digital image processing of weathered stone caused by efflorescences: A fool for mapping and evaluation of stone decay [Text] / M. Vazquez, E. Galan, M. Guerrero, P. Ortiz // *Construction and Building Materials*. – 2011. – Vol. 25, Issue 4. – P. 1603–1611.
7. Кальчук, С. В. Дослідження впливу агресивного навколишнього середовища на зміну насиченості кольору поверхні декоративного каменю [Текст] / С. В. Кальчук, О. В. Камських, С. О. Чехута // *Вісник ЖДТУ. Технічні науки*. – 2009. – № 1 (48). – С. 196–201.
8. Бакка, М. Т. Обробка природного каменю [Текст]: навч. посібник / М. Т. Бакка, В. В. Коробійчук, О. А. Зубченко – Житомир: РВВ ЖДТУ, 2006. – 438 с.
9. Криворучко, А. О. Дослідження впливу фактурної обробки на декоративність виробів з природного каменю [Текст] / А. О. Криворучко, О. В. Камських, Г. М. Ломаков // *Вісник ЖДТУ. Технічні науки*. – 2011. – № 2 (57). – С. 141–145.
10. Криворучко, А. О. Формування забарвлення декоративного каменю Частина 1. Природне забарвлення каменів [Текст] / А. О. Криворучко, С. С. Іськов, Г. М. Ломаков // *Вісник ЖДТУ. Технічні науки*. – 2009. – № 2 (49). – С. 122–130.