

## КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ З ГРАНОДІОРИТУ ЗА ДОПОМОГОЮ РІЗНИХ МЕТОДІВ ПОЛІРУВАННЯ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ

(Представлено д.геол.н. Підвисоцьким В.Т.)

*Розкриваються методи керування відтінками світлоти природного каменю як одного з показників його декоративності. Керування якісними показниками готової продукції з природного каменю має базуватися як на технології обробки каменю, так і на проектуванні готової продукції в об'єктах архітектури та будівництва. Керування якістю готової продукції з гранодіориту виконується на основі раніше визначеного авторами механізму регулювання світлоти каменю відповідно до типів Покостівського гранодіориту, між якими проводиться регулювання, для забезпечення мінімальної відмінності між різними за світлотою каменями. Встановлено межі керування відтінками світлоти Покостівського гранодіориту при його механічній обробці та при обробці хімічними просочувальними засобами. В подальшому слід встановити термін збереження якісних показників з допустимою різницею відмінностей для різних типів Покостівського гранодіориту залежно від впливу агресивного середовища.*

**Ключові слова:** *імпрегнація; світлота каменю; полірування; природний камінь; Покостівський гранодіорит; природний облицювальний камінь; керування кольоровим тоном природного каменю.*

**Актуальність теми.** При видобуванні блоків природного каменю на різних глибинах, змінюється його мінеральний склад та структура, а також властивості природного каменю. При фактурній обробці плит з різних блоків природного каменю, що були видобуті на різних глибинах, чітко спостерігаються відмінності в їх структурі, забарвленні та світлоті. 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 однаковій фактурній обробці [1].

Зміну тону природного облицювального каменю можливо забезпечити за рахунок зміни технології фактурної обробки каменю. При механічній обробці природного каменю зміна тону лицьової поверхні каменю залежить від шорсткості його поверхні [1]. Також існують різні хімічні просочувальні засоби для природного каменю, що змінюють його якісні показники залежно від типу каменю [2, 3]. При тривалому впливі агресивного середовища змінюються тон каменю та його блиск [4].

Слід зауважити, що при зміні технології фактурної обробки, а також при впливі агресивного середовища можливе погіршення якості поверхні природного облицювального каменю, насамперед, відбувається зменшення відбивної здатності (блиску) каменю.

Сприйняття людиною відмінностей у тоні та блиску поверхонь різнотипних каменів залежить від багатьох факторів: місце розташування, вид і освітлення споруди, що облицюється. Відомо, що людина може розрізнити відмінності у тоні на значно більшій відстані, ніж різницю у відбивній здатності [5, 6]. Тому керування якісними показниками готової продукції з природного каменю має базуватися не лише на технології обробки каменю, а також на проектуванні готової продукції в об'єктах архітектури та будівництва.

**Аналіз джерел дослідження.** Дослідженням визначення якісних показників природного каменю займалися W.Dawei, C.Xianhua, O.Markus, S.Helge, S.Bernhard [7], A.Hideo, T.Hidetoshi, K.Seong-Woo, A.Natsuko, K.Koji, Y.Tsutomu, D.Toshiro [8], в працях яких були вивчені зміни мікротекстури породоутворюючих мінералів при шліфуванні-поліруванні природного каменю за допомогою мікроскопії та спектрального аналізу та вплив розміру алмазного зерна на формування мікротекстури мінералу. Також в [9] були експериментально досліджені процеси абразивної обробки природного каменю.

У [10] досліджено вплив високих температур на зміну властивостей каменю, за допомогою цифрової обробки зображень. Зі 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 [11]. Також доведено, що насиченість кольору втрачається при дії навколишнього агресивного середовища, камінь світлішає, і потребує реставраційних робіт надалі. Аналіз літературних джерел показує, що багато досліджень пов'язано із вивченням особливостей мікротекстури каменю, впливу агресивного середовища, але не було досліджено зміну кольірних ознак в межах родовища, не розроблено рекомендацій щодо керування цими ознаками, враховуючи проектування готової продукції в об'єктах архітектури та будівництва.

**Мета та задачі дослідження.** Метою роботи є розробка рекомендацій для керування якістю готової продукції з гранодіориту за допомогою різних методів полірування природного каменю.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- встановити межі керування відтінками світлоти Покостівського гранодіориту при його механічній обробці;
- встановити межі керування відтінками світлоти Покостівського гранодіориту при його обробці хімічними просочувальними засобами.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Колір, текстура і фактура поверхні каменю – головні художні засоби, які використовуються при виготовленні різноманітних виробів з каменю та проектуванні будівель різного призначення.

Колір і обробка в процесі естетичного конструювання – поняття близькі, вони визначають характер поверхневої обробки виробів з декоративною й технічною метою. У процесі фактурної обробки поверхні каменю одержують свій остаточний варіант естетичного вираження, тобто кольорове рішення є завершальним етапом естетичного конструювання. Колір та фізико-механічні властивості облицовальних матеріалів обираються шляхом вивчення:

- функціональних вимог, що ставляться до виробу;
- призначення виробу;
- місця виробу у навколишньому середовищі, інтер'єрі або екстер'єрі;
- переліку технологічних і експлуатаційних властивостей виробу;
- економічної ефективності експлуатації виробу.

Облицювання природним каменем надає особливого зовнішнього вигляду, як фасадам будівель, так і внутрішніх поверхонь конструкції, а також здатне слугувати захистом від різних негативних впливів. Облицовальний камінь виготовляється для внутрішніх і зовнішніх облицовальних робіт.

Облицовальні роботи, як і облицовальний матеріал, поділяються на:

- Зовнішні (облицювання фасадів).
- Внутрішні (облицювання поверхонь внутрішніх приміщень: стін, перегородок, підлог).

*Зовнішній вигляд облицовального каменю.* Є дуже велика кількість процесів, що можуть впливати на зовнішній вигляд декоративного каменю.

Під видом каменю розуміється його фактура лицевої поверхні, малюнок, колір, структура гірської породи.

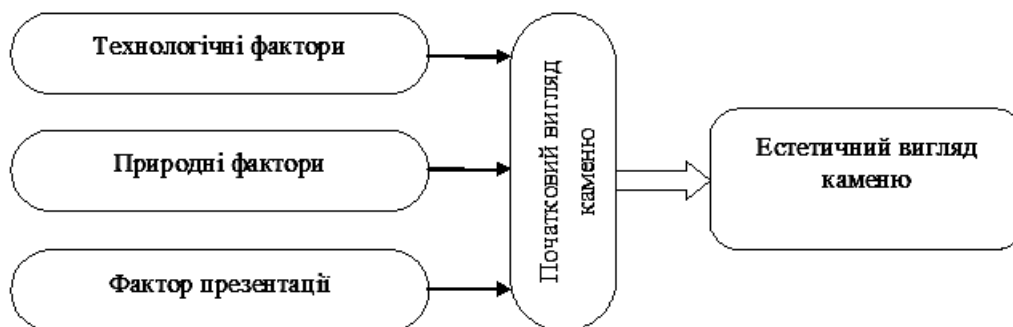


Рис. 1. Вплив різних факторів на естетичний вигляд облицовального каменю

Естетичний вигляд каменю залежить не лише від початкового вигляду каменю, але й від інших факторів (рис. 1). Першочергово, технологія обробки природного облицювального каменю найбільш позитивно впливає на якісний вигляд каменю, а саме: підкреслює структуру та малюнок природного каменю, насичує його колір. В свою чергу, технологія обробки залежить від напрямку використання природного каменю, забезпечуючи певну фактуру лицьової поверхні каменю, що визначає вплив технологічних факторів на якісний вигляд каменю.

Природні фактори пов'язані з температурою, вологістю, запиленістю повітря, опадами у вигляді дощу, снігу, ударними впливами та інше.

Фактор презентації мастить місце розташування, вид і освітлення споруди, що облицьовується.

Природні і технологічні фактори, а також початковий вигляд каменю на сьогодні є більш вивчені. Фактор презентації потребує більш детального дослідження, оскільки залежність естетичного зовнішнього вигляду облицювального каменю від розташування, висота, вид та освітлення споруди є досить значною.

Виходячи із раніше запропонованої авторами класифікації Покостівського гранодіориту [1] за кольоровим тоном та отриманих закономірностей, були встановлені межі керування відтінками світлоти Покостівського гранодіориту при його механічній обробці.

Для обробки плит використовувався плоскошліфувальний верстат з такими технічними характеристиками, що наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

*Технічні характеристики плоскошліфувального верстата*

Технічна характеристика	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.

Як алмазний інструмент використовувались фікертти з номерами та зернистістю, які показані у таблиці 2. Також показана кількість проходжень цими номерами.

Таблиця 2

*Характеристика використаного алмазного інструменту*

Кількість проходжень	Номер інструменту	Зернистість, мкм
–	№ 00 (алмазний)	710/600
1	№ 24	500/400
1	№ 240	200/160
4	№ 400	80/63
2	№ 600	60/40
2	№ 800	40/28
2	№ 1200	28/20
2	№ 1500	20/14
2	№ 2000	10/7
2	№ 3000	5/3
1	Полірувальний	1/0

При механічній обробці природного каменю, залежно від шорсткості поверхні каменю, можливо досягти матову або глянцеvu поверхню каменю. Експериментально доведено, що глянцева поверхня каменю забезпечується при обробці каменю від № 1200 із зернистістю 28/20 мкм. При подальшому поліруванні блиск каменю зростає та зменшується світлота каменю.

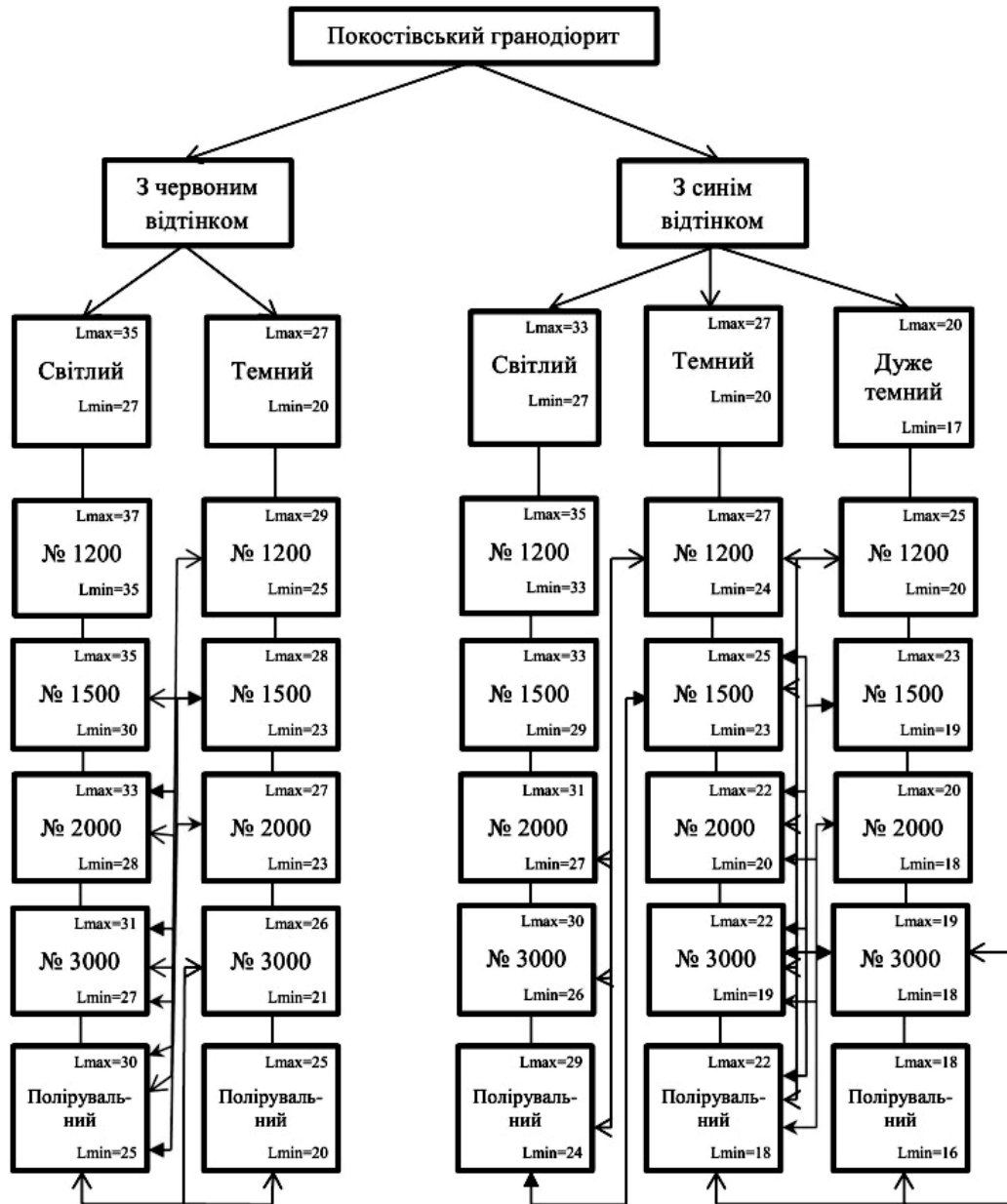


Рис. 2. Керування відтінками світлоти Покостівського гранодіориту за допомогою механічної обробки, де  $L_{max}$ ,  $L_{min}$  – відповідно максимальна та мінімальна світлота тону

Як видно з рисунку 2, керування відтінками світлоти відбувається між типами Покостівського гранодіориту з однаковим відтінком, від світлого до темного, а також від темного до дуже темного, шляхом застосування різної технології механічної обробки природного каменю з послідовним використанням різного алмазного інструменту (табл. 2). На рисунку стрілками показано відповідність світлоти різних типів Покостівського гранодіориту після обробки певними номерами алмазного інструменту. Так набуття темного тону можливе при використанні технології механічного полірування до № 1500 алмазного інструменту, що

відповідає обробці № 1200 темного типу каменю і забезпечує глянцеvu поверхню каменю. Приклад керування світлотою за допомогою механічного полірування показаний на рисунку 3.

Були знайдені наступні відповідності у світлоті Покостівського гранодіориту з червоним відтінком (керування відбувається обробкою світліших типів каменю) за допомогою механічної обробки

Від світлого до темного типу Покостівського гранодіориту:

№ 1500, 2000, 3000, «Полірувальний» – № 1200;

№ 2000, 3000, «Полірувальний» – № 1500;

№ 3000, «Полірувальний» – № 2000;

«Полірувальний» – № 3000.

Також встановлені відповідності у світлоті Покостівського гранодіориту з синім відтінком (керування відбувається обробкою світліших типів каменю):

1. Від світлого до темного типу Покостівського гранодіориту:

№ 2000, 3000, «Полірувальний» – № 1200;

«Полірувальний» – № 1500.

2. Від темного до дуже темного типу Покостівського гранодіориту:

№ 1200, 1500, 2000, 3000, «Полірувальний» – № 1200;

№ 1500, 2000, 3000, «Полірувальний» – № 1500;

№ 2000, 3000, «Полірувальний» – № 2000;

«Полірувальний» – № 3000.



a)



b)

*Рис. 3. Мінімальна відмінність у світлоті L (система Lab) після полірування Покостівського гранодіориту: а – вигляд полірованої поверхні каменю темного типу каменю при обробці № 1200 ( $L = 25$ ); б – вигляд полірованої поверхні каменю світлого типу каменю при обробці Полірувальним інструментом ( $L = 27$ )*

Також керування тоном природного каменю можливе за допомогою хімічних просочувальних засобів, які, в свою чергу, покращують його якісні показники і захищають від негативного впливу навколишнього агресивного середовища. Попередньо було доведено, що всі просочувальні засоби надають каменю темніший відтінок. Тому для керування тоном каменю, засоби слід наносити на світліші типи каменів.

Були знайдені наступні відповідності у світлоті Покостівського гранодіориту з червоним відтінком (керування відбувається обробкою світліших типів каменю) за допомогою хімічних просочувальних засобів:

1. Від світлого до темного типу Покостівського гранодіориту:

засіб «Easywet» – № 1200, 1500, 2000, 3000, «Полірувальний»;

засіб «Kristalizer» – № 1200, 1500, 2000, 3000;

засіб «Gabbro+» – «Полірувальний».

Також встановлені відповідності у світлоті Покостівського гранодіориту з синім відтінком (керування відбувається обробкою світліших типів каменю):

1. Від світлого до темного типу Покостівського гранодіориту:

засіб «Easywet» – № 1200, 1500, 2000, 3000, «Полірувальний»;

засіб «Kristalizer» – № 1200, 1500;

засіб «Gabbro+» – «Полірувальний».

2. Від темного до дуже темного типу Покоствівського гранодіориту:  
засіб «Easywet» – № 1200, 1500, 2000, 3000, «полірувальний»;  
засіб «Kristalizer» – № 1200, 1500, 2000, 3000;  
засіб «Gabbro+» – «Полірувальний».
3. Від світлого до дуже темного типу Покоствівського гранодіориту:  
засіб «Gabbro+» – «Полірувальний».

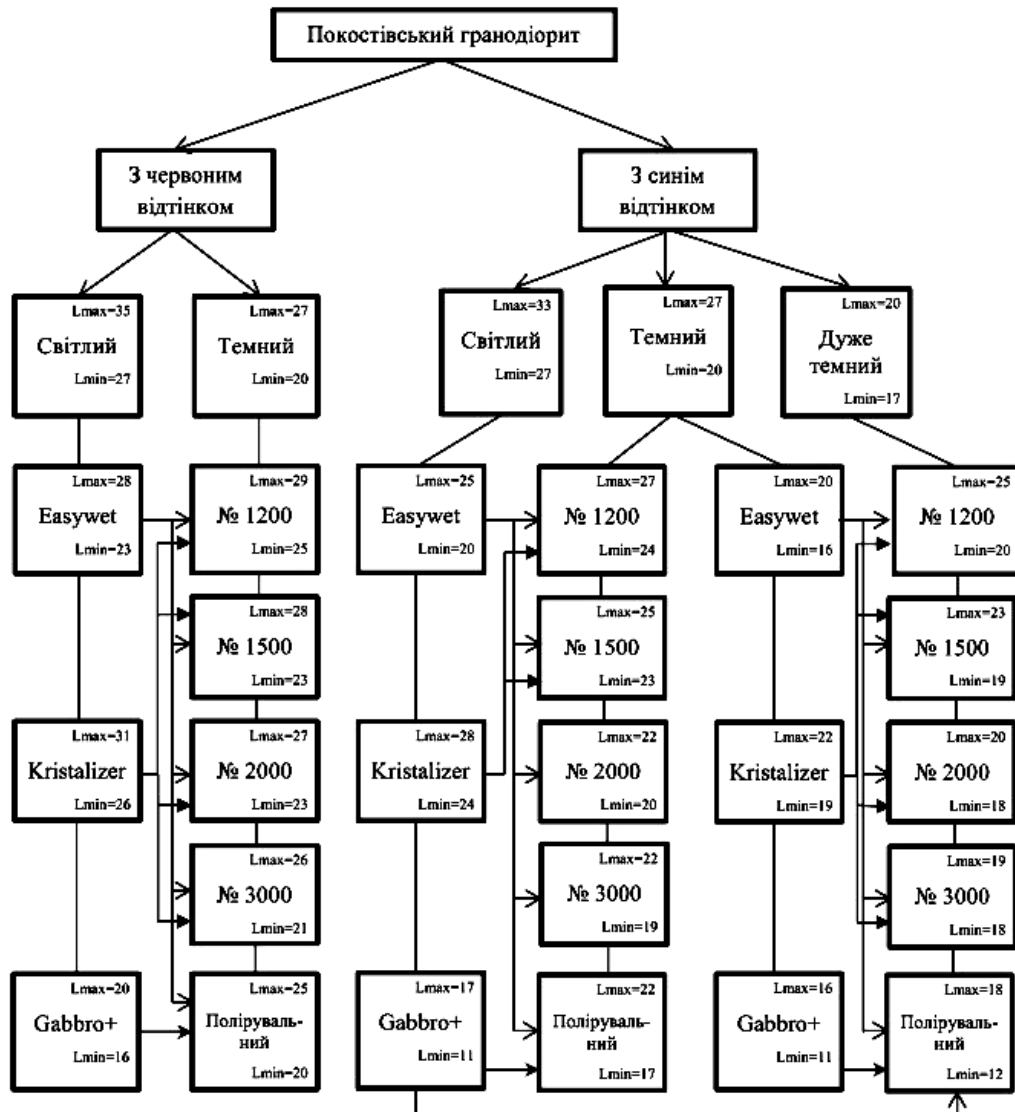
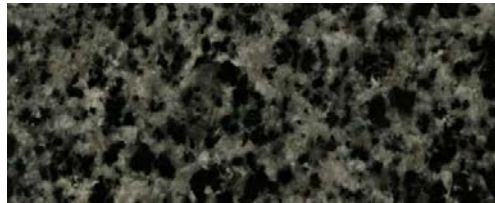


Рис. 4. Керування відтінками світлоти Покоствівського гранодіориту за допомогою хімічних просочувальних засобів, де  $L_{max}$ ,  $L_{min}$  – відповідно максимальна та мінімальна світлота тону

Як видно з рисунку 4, керування відтінками світлоти Покоствівського гранодіориту за допомогою хімічних просочувальних засобів можливе за умови обробки світліших каменів, які будуть відповідати світлоті тону механічно оброблених темніших каменів. Так при обробці світлого типу каменю засобом «Tenax Easywet» можливо досягти відповідності у тоні темного типу Покоствівського гранодіориту, який оброблений алмазним інструментом, починаючи від № 1200 до полірувального. Прозорий кристалізатор «Kristalizer» змінює відтінки світлоти різних типів каменю на невелику величину. Відповідно до цього, можливе керування з меншим діапазоном, ніж при використанні «Tenax Easywet». Чорний кристалізатор «Gabbro+» значно затемнює усі типи каменю, ним можливо досягнути відтінок темного каменю, що забезпечується

алмазним інструментом «полірувальний» з найменшою зернистістю абразиву – 1/0, що забезпечує найменшу шорсткість поверхні каменю при механічній обробці. Приклад керування світлотою за допомогою хімічних просочувальних засобів показаний на рисунку 5.



*Світлий, «Easywet» (L = 24)*



*Темний, № 1200 (L = 25)*



*Темний, «Kristalizer» (L = 19)*



*Дуже темний, № 2000 (L = 20)*



*Світлий, «Gabbro+» (L = 18)*



*Темний, Полірувальний (L = 20)*

*Рис. 5. Мінімальна відмінність у світлоті L (система Lab) після обробки Покостівського гранодіориту хімічними просочувальними засобами*

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження було виявлено:

1. Керування відтінками світлоти Покостівського гранодіориту за допомогою механічної обробки відбувається шляхом зміни шорсткості поверхні каменю при використанні різних номерів алмазного інструменту. Відтінками Покостівського гранодіориту можна керувати зі збереженням глянцевої поверхні між світлими та темними, а також між темними та дуже темними типами каменю.

2. Керування відтінками світлоти Покостівського гранодіориту за допомогою хімічних просочувальних засобів відбувається між хімічно та механічно обробленими зразками. Мінімальна відмінність забезпечується між світлими та темними, темними та дуже темними, а також світлими та дуже темними (за умови використання «Gabbro+») типами каменів.

3. У подальшому планується дослідити вплив агресивного середовища на якісні показники Покостівського гранодіориту, що зберігаються на деякий термін з допустимою різницею відмінностей для різних типів каменю при різній його обробці, що забезпечує мінімальну відмінність у світлоті.

#### **Список використаної літератури:**

1. Коробійчук В.В. Дослідження впливу шліфування-полірування природного каменю на його блиск та відтінки світлоти / В.В. Коробійчук, В.І. Шамрай // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – Vol. 5/5 (71). – С. 56–60.

2. The study of the different methods of natural stone surfaces polishing influence on the gloss. *REVISTA KASMERIA* / *V.Shamrai, V.Korobiychuk, I.Korobiichuk* at oll. – 2015. – Vol. 43 (5). – Pp. 2–8.
3. The study of the influence of natural stone surfaces polishing by different methods on the hues of lightness / *I.Korobiichuk, V.Shamrai, V.Korobiychuk* at oll. // 11-th International Conference “Mechatronic systems and materials”. – 2015. – Pp. 105–106.
4. The study of corrosion resistance of Pokostivskiy granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods / *I.Korobiichuk, V.Shamrai, V.Korobiychuk* at oll. *Construction & Building Materials*. – 2016. – Vol. 114. – Pp. 241–247.
5. *Трегуб Н.Є.* Результати експериментів з кількісної оцінки формоутворюючої дії кольору в об'єктах архітектури і дизайну в контексті візуальної комфортності міського середовища / *Н.Є. Трегуб* // *Коммунальное хозяйство городов*. – 2006. – № 69. – С. 363–368.
6. *Schlick C.* A survey of shading and reflectance models / *C.Schlick* // *Computer Graphics Forum*. – Vol. 13, № 2. – Blackwell Science Ltd, 1994.
7. Study of micro-texture and skid resistance change of granite slabs during the polishing with the Aachen Polishing Machine / *W.Dawei, C.Xianhua, O.Markus*, at oll. – 318 (1–2), 1–11. – 2014. – doi: 10.1016/j.wear.2014.06.005.
8. Evaluation of subsurface damage in GaN substrate induced by mechanical polishing with diamond abrasives / *A.Hideo, T.Hidetoshi, K.Seong-Woo* at oll. // *Applied Surface Science*. – 2014. – Vol. 292. – Pp. 531–536. – doi: 10.1016/j.apsusc.2013.12.005.
9. *Xie J.* Parameterization of Micro-Hardness Distribution in Granite Related to Abrasive Machining Performance / *J.Xie, J.Tamaki* // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2007. – Vol. 186, Issue 1–3. – Pp. 253–258. – doi: 10.1016/j.jmatprotec.2006.12.041.
10. *Ozguven A.* Investigation of some property changes of natural building stones exposed to fire and high heat / *A.Ozguven, Y.Ozcelik* // *Construction and Building Materials*. – 2013. – Vol. 38. – Pp. 813–821. – doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.09.072.
11. Digital image processing of weathered stone caused by efflorescences : A fool for mapping and evaluation of stone decay / *M.Vazquez, E.Galan, M.Guerrero, P.Ortiz* // *Construction and Building Materials*. – 2011. – Vol. 25, Issue 4. – Pp. 1603–1611.

ШАМРАЙ Володимир Ігорович – аспірант кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- фактурна обробка природного каменю.

Стаття надійшла до редакції 20.11.2015