

В.І. Шамрай, аспір.
В.О. Шлапак, к.т.н.
Житомирський державний технологічний університет
Б.Ю. Собко, д.т.н., проф.
Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

ОЦІНКА ЗМІНИ ДЕКОРАТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИРОДНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ ПРИ ОБРОБЦІ ХІМІЧНИМИ ТА МЕХАНІЧНИМИ СПОСОБАМИ

Важливим завданням, що стоїть перед каменеобробним підприємством, є керування декоративністю виробів з природного каменю. Серед цілого ряду різних способів, що дають можливість змінювати показники декоративності природного каменю, найбільш поширеним є полірування поверхні каменю. Тому в статті досліджуються методи обробки природного облицювального каменю, які впливають на блиск та світлоту, як показники декоративності. Встановлено закономірності зміни блиску та світлоти залежно від часу полірування оксидами хрому та алюмінію. Встановлено, що різні типи природного каменю за однакової обробки мають різні значення блиску та світлоти. Досліджений вплив хімічних просочувальних засобів на блиск і світлоту поверхні природного облицювального каменю та встановлено показники блиску і світлоти Покостівського гранодіориту, відповідно до його класифікації за кольоровим тоном.

Ключові слова: *імпрегнація; світлота каменю; полірування; природний камінь; Покостівський гранодіорит.*

Актуальність теми. При облицюванні споруд природним каменем можуть спостерігатися відмінності у кольоровому тоні різних плиток, що спричинене мінералогічним та хімічним складом каменю. Зміна забарвлення природного каменю може спостерігатися в межах не лише одного родовища, а навіть у межах однієї ділянки кар'єру. Ця проблема спостерігається під час виготовлення великої партії облицювальної продукції з природного каменю. Характерною особливістю Покостівського гранодіориту (Grey Ukraine) є зміна світлоти за незмінної текстури каменю, яка сприймається зоровим аналізатором людини. Таким чином, при облицюванні споруд природним каменем, особливо коли такі роботи мають велику площу, виникає проблема із підбором однотонних плит [1].

При реставрації та відновленні пам'ятників та архітектурних об'єктів з природного каменю виникають суттєві проблеми з підбором природного каменю. Причина цього полягає в тому що більшість родовищ, з яких брали природний камінь, або перестали існувати або почали розробляти інші горизонти природного каменю, декоративні показники якого суттєво відрізняються. Також варто пам'ятати що, під час тривалої експлуатації виробів з природного каменю, під впливом факторів агресивного середовища, оброблена поверхня каменю поступово втрачає початкові декоративні показники [2, 3]. Отже, вивчення та оцінка зміни декоративних показників природного облицювального каменю при обробці хімічними та механічними методами є актуальним науково-практичним завданням.

Аналіз джерел дослідження. Нині визначення декоративних показників [4] проводять органолептичним методом, який є суб'єктивним. Також існують об'єктивні методи оцінки декоративності, за допомогою яких можливо кількісно визначити стандартні колориметричні параметри – яскравість, насиченість основного тону кольору, довжину хвилі основного (домінуючого) кольорового тону за допомогою інформаційно-комп'ютерних технологій. У роботах [5–9] запропонована методика, яка виключає суб'єктивне визначення декоративних властивостей гірських порід.

У працях [10, 11] були вивчені зміни мікротекстури породоутворюючих мінералів при шліфуванні-поліруванні природного каменю за допомогою мікроскопії та спектрального аналізу на формування мікротекстури мінералу. Також у [12] були експериментально досліджені процеси абразивної обробки природного каменю, залежно від мікротвердості гранітоїдних порід. У роботі [13] досліджено зміну блиску залежно від шорсткості поверхні каменю, однак не були вивчені високоміцні природні камені.

У роботах [14, 15] досліджено вплив високих температур на зміну властивостей каменю за допомогою цифрової обробки зображень. Було встановлено, що зі збільшенням температури камінь світлішає. Чорно-біла цифрова обробка зображення [16] використовувалася для виявлення висвітлених ділянок на поверхні природного каменю, при дослідженні впливу вивітрювання та дії солей на камінь. Згідно з працею [17] шорсткість каменю при поліруванні може впливати на колір поверхні каменю. В цій роботі було вивчено вплив не лише полірування, але й вплив кислотного середовища на вапняк та мрамур, яке певною мірою збільшує шорсткість поверхні каменю, але ці зміни відбуваються неоднорідно. При цьому на відміну від механічного полірування колір поверхні каменю після впливу кислотного середовища залежить не лише від шорсткості поверхні каменю, але і від мінеральних частинок, з яких складається гірська порода.

Аналіз літературних джерел показує, що попередні дослідження пов'язані з вивченням особливостей мікро-текстури каменю [8–11], впливу різних атмосферних та агресивних чинників [2, 3, 13], розробки методик визначення кольорових координат [4, 5], але недостатньо уваги приділялося вивченню впливу хімічної обробки на блиск та світлоту природного каменю.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є вивчення та оцінка зміни декоративних показників Покостівського гранодіориту при обробці хімічними та механічними способами.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

- встановити закономірності зміни блиску та світлоти Покостівського гранодіориту залежно від часу полірування оксидами хрому та алюмінію;
- встановити вплив хімічних просочувальних засобів на зміну блиску та світлоти для різних типів Покостівського гранодіориту.

Викладення основного матеріалу дослідження. Для вирішення завдань аналізу зовнішнього виду поверхні необхідно сформулювати цифрове зображення поверхні облицювального каменю і виконати його обробку засобами сучасної обчислювальної техніки. Приклад визначення кольорових координат Lab в програмі Mdistones наведено на рисунку 1.

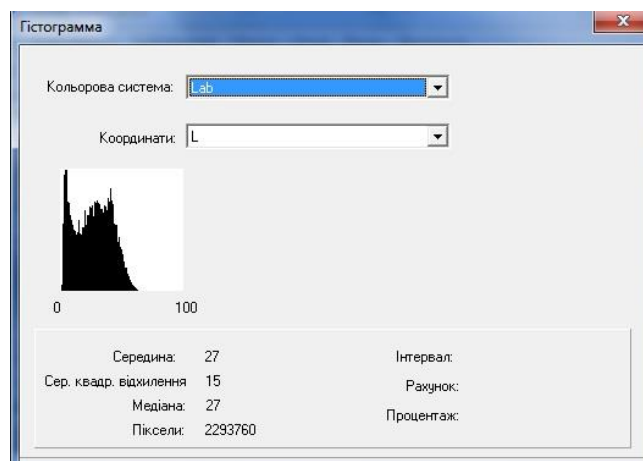


Рис. 1. Опрацювання зображення поверхні зразка в програмі Mdistones

Методика дослідження полягає в наступному:

- виконується фактурна обробка заготовки фікертми різних номерів на плоскошліфувальному верстаті;
- виконується фактурна обробка поверхні каменю за допомогою оксидів хрому та алюмінію;
- фіксується час полірування оксидами хрому та алюмінію;
- після кожного етапу обробки вирізається зразок каменю без плям та дефектів;
- на підготовлені зразки наносять хімічні просочувальні засоби для природного каменю;
- вимірюється блиск поверхні висушених різнооброблених зразків з природного каменю;
- отримані зразки висушують та виконують сканування обробленої поверхні;
- отримане зображення опрацьовується в програмі Mdistones;
- визначаються середні показники світлоти L в системі Lab для кожного отриманого зображення.

Характерною особливістю Покостівського гранодіориту є те, що він має різне забарвлення. Покостівський гранодіорит видобувається на 5 кар'ерах, 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 й рожеві кольори, рідше кремові, білі й світло-сірі. Плагіоклази надають гранітоїдам білі, світло-сірі та сірі до чорного кольори, іноді зеленуватий, жовтувато- і сірувато-зелений відтінок (через мікровключення 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. Для обробки поверхонь Покостівського гранодіориту були застосовані полірувальні порошки – оксиди хрому та алюмінію. Залежно від часу полірування поверхні каменю, був сформований графік залежності набуття блиску від часу полірування оксидом хрому та оксидом алюмінію (рис. 2).

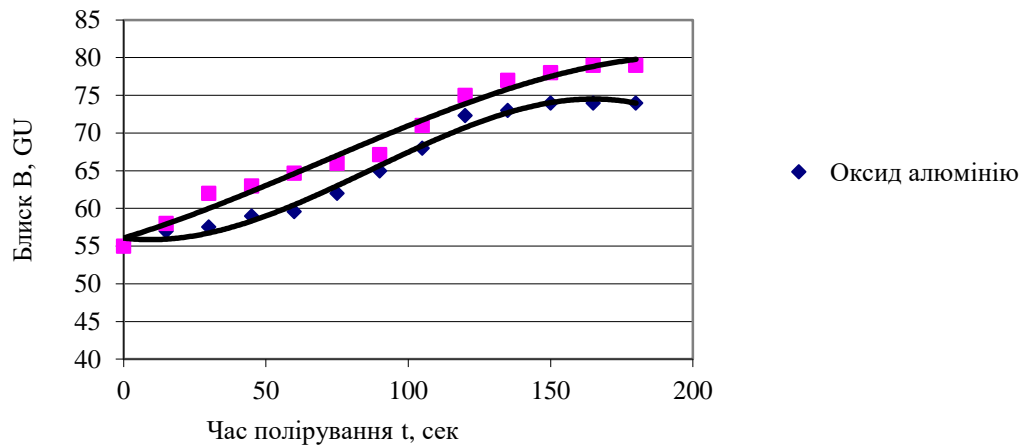


Рис. 2. Графік залежності набуття блиску Покостівського гранодіориту від часу полірування оксидами хрому та алюмінію

З графіку видно, що Покостівський гранодіориту краще полірується оксидом хрому. При цьому досягається граничний блиск каменю всього за 165 сек. Поверхня каменю, що полірується оксидом алюмінію має менший блиск і не змінюється після 150 сек полірування. В залежності від часу полірування оксидами хрому (1) та алюмінію (2), набуття блиску В можна описати такими залежностями:

$$B = -3 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 + 0,0007 t^2 + 0,114 t + 56,071 \quad (1)$$

$$B = -10^{-5} \cdot t^3 + 0,0026 t^2 - 0,0466 t + 56,075 \quad (2)$$

де В – блиск, відн. од.; t – час полірування, с.

Залежно від часу полірування поверхні каменю, був сформований графік залежності зміни світлоти від часу полірування оксидом хрому та оксидом алюмінію (рис. 3).

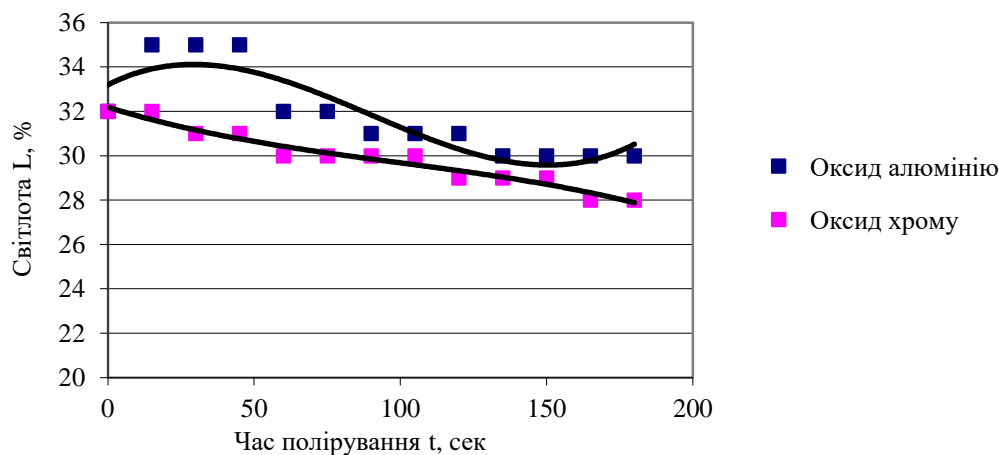


Рис. 3. Графік залежності зміни світлоти Покостівського гранодіориту від часу полірування оксидами хрому та алюмінію

З графіку видно, що при поліруванні Покостівського гранодіориту оксидами камінь темніє. При цьому, спочатку оксид алюмінію надає каменю світлий відтінок. Це пояснюється тим, що при попаданні порошку білого кольору (оксид алюмінію) в мікронерівності каменю, він надає йому світлий відтінок, згодом нерівність полірованої поверхні каменю зменшується і оксид алюмінію вимивається з мікронерівностей. При поліруванні оксидом хрому камінь поступово темніє, іноді спостерігаються зелені відтінки на поверхні каменю через зелене забарвлення порошку (оксид хрому). В залежності від часу полірування оксидами хрому (4) та алюмінію (5), зміну світлоти L можна описати такими залежностями:

$$L = -8 \cdot 10^{-7} \cdot t^3 + 0,0002 t^2 - 0,0405 t + 32,184 \quad (4)$$

$$L = 5 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 - 0,0014 t^2 + 0,0673 t + 33,195 \quad (5)$$

де L – світлота каменю, од.; t – час полірування, с.

Відповідно до розробленої класифікації Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном [1], було вирішено обробити поліровану поверхню каменю хімічними просочувальними засобами, які широко розповсюджені на ринку для каменю та дослідити їх вплив на блиск поверхонь каменів. Для цього на поліровані поверхні однаково оброблених зразків каменю були нанесені просочувальні засоби. Для достовірності результатів було відібрано по 5 зразків на один просочувальний засіб.

Якісні показники Покостівського гранодіориту після обробки різними методами показані на рисунку 4.

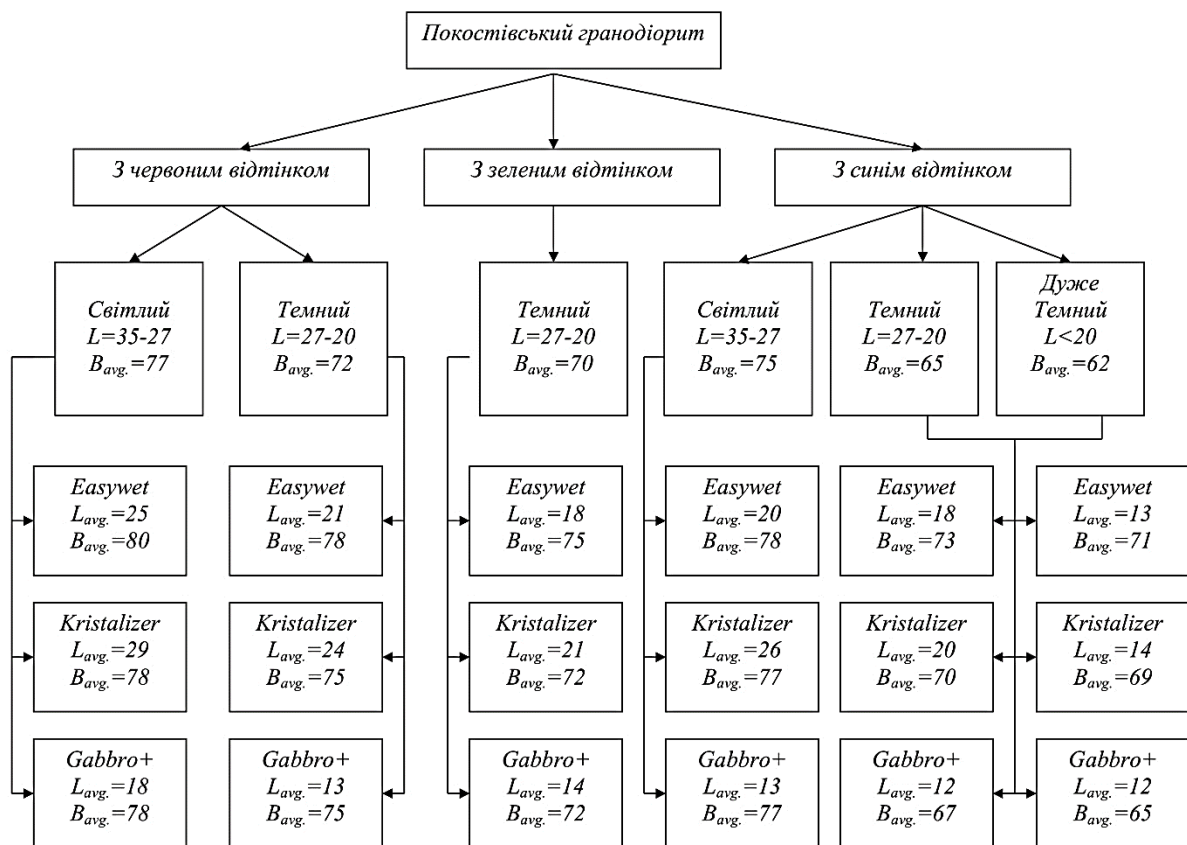


Рис. 4. Характеристика основних типів Покостівського гранодіориту при обробці хімічними просочувальними засобами: де B_{avg} – середній блиск зразків каменю, відн. од. L – компонента системи Lab , яка відповідає за світлоту тону, од.; L_{avg} – середня світлота зразків каменю, од.

В якості хімічних просочувальних засобів використовувалися: засіб для імпрегнації італійської фірми Tenax Easywet, який надає поверхні ефект мокрого каменю, та серед всіх хімічних засобів показав найкращий результат (рис. 5); прозорий кристалізатор – Kristalizer, на

основі розчину силікатів, теж покращує блиск; кристалізатор чорного кольору – Gabbro+, на основі розчину силікатів з чорними домішками незначно покращує блиск.

Найефективніше використання хімічних просочувальних засобів спостерігається для Покостівського гранодіориту з синім відтінком (темного та дуже темного), а також для каменю з червоним відтінком (темного). Так, значення блиску для дуже темного Покостівського гранодіориту з синім відтінком при покритті просочувальним засобом Tenax Easywet збільшилося на 9 од. (з 62 до 71 одиниць); при покритті прозорим кристалізатором – Kristalizer блиск збільшився на 7 од. (з 62 до 69 одиниць); найменший результат показав чорний кристалізатор Gabbro+, за допомогою якого блиск збільшився на 3 одиниці (з 62 до 65 одиниць), але серед всіх застосувань, на дуже темному типові Покостівського гранодіориту з синім відтінком, зміна блиску була найбільшою. При цьому найефективнішим серед просочувальних засобів був засіб Tenax Easywet.

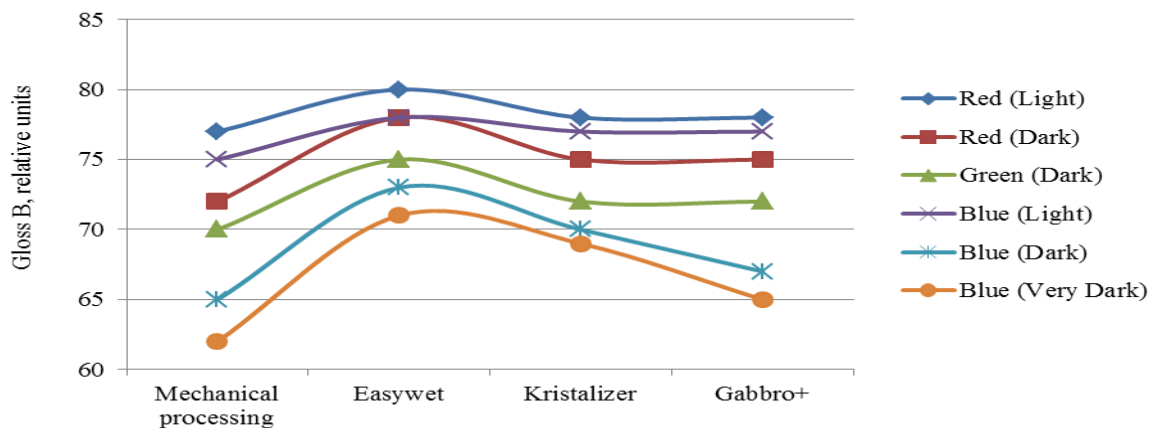


Рис. 5. Аналіз дії хімічних просочувальних речовин на блиск каменю залежно від типів Покостівського гранодіориту

Як видно з рисунка 5, хімічні просочувальні засоби по різному збільшують блиск поверхні різних за кольоровим тоном типів Покостівського гранодіориту. Аналіз дії хімічних просочувальних речовин (рис. 6) показав, що всі хімічні просочувальні засоби надають каменю темнішого відтінку. Серед них найбільш ефективним засобом для затемнення є чорний кристалізатор Gabbro+. Tenax Easywet затемнює поверхню каменю на величину, що вдвічі менша ніж при обробці чорним кристалізатором, а прозорий кристалізатор змінює світлоту всіх типів Покостівського гранодіориту на незначну величину. Найбільша зміна світлоти поверхонь каменів відбувається на світлих типах Покостівського гранодіориту, найменша – на темних.

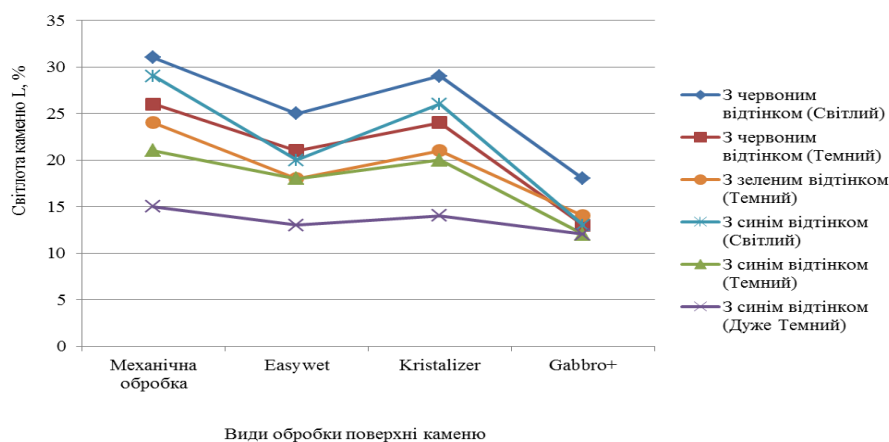


Рис. 6. Аналіз дії хімічних просочувальних речовин на світлоту каменю залежно від типів Покостівського гранодіориту

Найефективніше використання хімічних просочувальних засобів спостерігається для Покостівського гранодіориту з синім відтінком (світлого), а також для каменю з червоним відтінком (світлого та темного). Так, значення світлоти для світлого Покостівського гранодіориту з синім відтінком при покритті просочувальним засобом Gabbro+ зменшилося на 16 од. (з 29 до 13 одиниць); при покритті польським прозорим кристалізатором – Tenax Easywet, світлота поверхні каменю зменшилася на 9 од. (з 29 до 20 одиниць); найменший результат показав прозорий кристалізатор Kristalizer, за допомогою якого світлота каменю зменшилася на 3 одиниці (з 29 до 26 одиниць), але серед всіх його застосувань, на світлому та темному типіві Покостівського гранодіориту з синім відтінком, зміна світлоти була найбільшою.

Висновки:

У результаті проведеного дослідження було виявлено:

1. Встановлено декоративні показники Покостівського гранодіориту при обробці хімічними просочувальними засобами, відповідно до його класифікації за кольоровим тоном. Застосування хімічних просочувальних засобів призводить до потемніння каменю та збільшення блиску. Найбільша зміна світлоти каменю спостерігається при використанні чорного кристалізатора Gabbro+. Було встановлено, що ефективність дії хімічних просочувальних засобів залежить від мінерального складу каменю, який надає йому початковий кольоровий відтінок та світлоту.

2. Встановлено закономірності зміни блиску та світлоти залежно від часу полірування оксидами хрому та алюмінію, що описуються поліноміальними залежностями 3-го порядку.

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. – № 5/5 (71). – С. 56–60.
2. *Криворучко А.О.* Дослідження стійкості природного каменю в агресивному середовищі / *А.О. Криворучко, В.В. Котенко, О.В. Камських* // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2015. – № 1/1 (90). – С. 133–138.
3. The study of corrosion resistance of Pokostivskiy granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods / *I.Korobiuchuk, V.Korobiuchuk, M.Nowicki, V.Shamrai, G.Skyba, R.Szewczyk* // Construction & Building Materials – 2016. – № 114. – Pp. 241–247.
4. EN 1469:2004, IDT. Natural stone products – Slabs for cladding. – Requirements.
5. *Криворучко А.О.* Обґрунтування методики геометризації габроїдних порід на основі визначення та оцінки показників структури та декоративності / *А.О. Криворучко* : дис. ... канд. тех. наук. – 2006.
6. *Криворучко А.О.* Розробка узагальненої методики геометризації масивів природного каменю з метою отримання комплексної моделі родовища / *А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, С.С. Іськов* // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2012. – № 4 (63). – С. 190–202.
7. *Коробійчук В.В.* Оцінка результатів дослідження залежності параметрів пружних хвиль від тиску в зразках природного декоративного каменю / *В.В. Коробійчук* // Вісник Нац. технічного ун-ту України «КПІ» / Серія: Гірництво : 36. наук. пр. – К. : НТУУ «КПІ» : ЗАТ «Техновибух», 2012. – Вип. 22. – С. 101–105.
8. *Толкач О.М.* Визначення основних критеріїв якості пірофілітових сланців / *О.М. Толкач, Р.В. Соболевський, С.С. Іськов* // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2011. – № 2 (57). – С. 170–176.
9. *Іськов С.С.* Формування забарвлення декоративного каменю. – Ч. 2. Штучне забарвлення кам'яних виробів / *С.С. Іськов, А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, Г.М. Ломаков* // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2011. – № I (56). – С. 100–108.
10. Study of micro-texture and skid resistance change of granite slabs during the polishing with the Aachen Polishing Machine / *D.Wang, X.Chen, M.Oeser, H.Stanjek, B.Steinauer* // Wear. – 2011. – № 318 (1). – P. 1–11.
11. Evaluation of subsurface damage in GaN substrate induced by mechanical polishing with diamond abrasives / *H.Aida, H.Takeda, S.W. Kim, N.Aota, K.Koyama, T.Yamazaki, T.Doi* // Applied Surface Science. – 2014. – № 292. – P. 531–536.

12. Xie J. Parameterization of Micro-Hardness Distribution in Granite Related to Abrasive Machining Performance / J.Xie, J.Tamaki // Journal of Materials Processing Technology. – 2007. – № 186, Issue 1–3. – P. 253–258.
13. Yavuz H. Polishing experiments on surface quality of building stone tiles / H.Yavuz, T.Ozkahraman, S.Demirdag // Construction and Building Materials. – 2011. – № 25, Issue 4. – P. 1707–1711.
14. 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. – № 38. – P. 813–821.
15. Коробійчук В.В. Метод оцінки тиску, що виникає при тепловому розширенні кристалів солей і льоду в порях природного каменю / В.В. Коробійчук // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2011. – № 3 (58). – С. 176–179.
16. 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. – № 25, Issue 4. – P. 1603–1611.
17. Influence of surface roughness on color changes in building stones / D.Benavente, F.Martinez-Verdú, A.Bernabeu, V.Viqueira, R.Fort, M.García del Cura, S.Ordycez // Color Research & Application, – 2003. – № 28, Issue 5. – P. 343–351.

References:

1. Shamrai, V.I. and Korobijchuk, V.V. (2014), “Doslidzhennja vplyvu shlifuvannja-poliruvannja pryrodnogo kamenju na jogo blysk ta vidtinky svitloty” [Influence of grinding-polishing of natural stone on its shine and lightness shades], *Shidno-Jevropejs'kyj zhurnal peredovyh tehnologij*, No. 5/5 (71), pp. 56–60.
2. Kryvoruchko, A.O., Kotenko, V.V. and Kamskih, O.V. (2015), “Doslidzhennja stijkosti pryrodnogo kamenju v agresyvnomu seredovyshhi” [Stability of natural stone in hostile environments], *Visnyk KrNU imeni Myhajla Ostrograds'kogo*, No. 1/1 (90), pp. 133–138.
3. Shamrai, V., Korobijchuk, I., Korobiychuk, V., Skyba, G., Nowicki, M. and Szewczyk, R. (2016), “The study of corrosion resistance of Pokostivskiy granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods”, *Construction & Building Materials*, No. 114, pp. 241–247.
4. EN 1469:2004, IDT (2015), *Natural stone products – Slabs for cladding – Requirements*, Austrian Standards Institute, Wien.
5. Kryvoruchko, A.O. (2006), *Substantiation of methods of gabbro beds geometrization on the basis of determination and evaluation of structure and ornamental property: dissertation*.
6. Krivoruchko, A.A., Korobijchuk, V.V. and Iskov, S.S. (2012), “Rozrobka uzagal'nenoi' metodyky geometryzacji' masyviv pryrodnogo kamenju z metoju otrymannja kompleksnoi' modeli rodovyshha” [The development of generalized methodology for geometrization of natural stone array to obtain a comprehensive model of the deposit], *Visnyk ZhDTU. Serija: Tehnichni nauky*, Vol. 4 (63), pp. 190–202.
7. Korobiichuk, V. (2012), “Ocinka rezul'tativ doslidzhennja zalezhnosti parametriv pruzhnyh hvyl' vid tysku v zrazkah pryrodnogo dekoratyvnogo kamenju” [Evaluation of study according to the parameters of elastic waves of pressure in samples of natural decorative stone], *Visnyk Nac. tehnicnogo un-tu Ukrai'ny “KPI”*. Serija: *Girnyctvo*, Vol. 22, pp. 101–105.
8. Tolkach, O.M., Sobolevskyi, R.V. and Iskov, S.S. (2011), “Vyznachennja osnovnyh kryterii'v yakosti pirofilitovyh slanciv” [Defining the criteria for quality pyrophyllite schists], *Visnyk ZhDTU. Serija: Tehnichni nauky*, Vol. 2 (57), pp. 170–176.
9. Iskov, S.S., Krivoruchko, A.A., Korobijchuk, V.V. and Lomakov, G.N. (2011), “Formuvannja zabarvlennja dekoratyvnogo kamenju. Ch. 2. Shtuchne zabarvlennja kam'janyh vyrobiv” [Formation of decorative stone colour. Part 2. Artificial colour of stone production], *Visnyk ZhDTU. Serija: Tehnichni nauky*, Vol. 1 (56), pp. 100–108.
10. Wang, D., Chen, X., Oeser, M., Stanjek, H. and Steinauer, B. (2014), “Study of micro-texture and skid resistance change of granite slabs during the polishing with the Aachen Polishing Machine”, *Wear*, No. 318 (1), pp. 1–11.

11. Aida, H., Takeda, H., Kim, S.W., Aota, N., Koyama, K., Yamazaki, T. and Doi, T. (2014), "Evaluation of subsurface damage in GaN substrate induced by mechanical polishing with diamond abrasives", *Applied Surface Science*, No. 292, pp. 531–536.
12. Xie, J. and Tamaki, J. (2007), "Parameterization of micro-hardness distribution in granite related to abrasive machining performance", *Journal of Materials Processing Technology*, No. 186, Vol. 1–3, pp. 253–258.
13. Yavuz, H., Ozkahraman, T. and Demirdag, S. (2011), "Polishing experiments on surface quality of building stone tiles", *Construction and Building Materials*, No. 25, Vol. 4, pp. 1707–1711.
14. Ozguven, A. and Ozcelik, Y. (2013), "Investigation of some property changes of natural building stones exposed to fire and high heat", *Construction and Building Materials*, No. 38, pp. 813–821.
15. Korobijchuk, V.V. (2011), "Metod ocinky tysku, shho vynykaje pry teplovomu rozshyrenni krystaliv solej i l'odu v porah pryrodnogo kamenju" [Method of assessing pressure that occurs when crystals of salt thermal expansion and ice in the pores of natural stone], *Visnyk ZhDTU. Serija: Tehnichni nauky*, Vol. 3 (58), pp. 176–179.
16. Vazquez, M., Galan, E., Guerrero, M. and Ortiz, P. (2011), "Digital image processing of weathered stone caused by efflorescences: A tool for mapping and evaluation of stone decay", *Construction and Building Materials*, No. 25, Vol. 4, pp. 1603–1611.
17. Benavente, D., Martnnez-Verdú, F., Bernabeu, A., Viqueira, V., Fort, R., García del Cura, M. and Ordycez, S. (2003), "Influence of surface roughness on color changes in building stones", *Color Research & Application*, No. 28, Vol. 5, pp. 343–351.

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.

ШЛАПАК Володимир Олександрович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри геотехнологій ім. проф. Бакка М.Т. Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- комп'ютерні технології.

СОБКО Борис Юхимович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри відкритих гірничих робіт Державного ВНЗ «Національного гірничого університету».

Наукові інтереси:

- гірництво;
- відкрита розробка родовищ.

Стаття надійшла до редакції 12.09.2016.