

УДК 553.5

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.108.10>

Олег ГЕЛЕТА, канд. геол. наук, чл.-кор. Академії будівництва України

ORCID ID: 0000-0002-3583-7885

e-mail: olgel@gems.org.ua

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Ігор СЕРГІЄНКО, магістр геохімії і мінералогії

ORCID ID: 0009-0002-2214-1982

e-mail: sia.gems@gmail.com

Державний гемологічний центр України, Київ, Україна

УПРАВЛІННЯ ЯКІСНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВИРОБІВ З ЛАБРАДОРИТУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА ШЛЯХОМ УРАХУВАННЯ ТИПІВ ОБРОБКИ ЇХ ПОВЕРХНІ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. В.А. Нестеровським)

Вступ. Довговічність є однією з ключових характеристик декоративного камення, оскільки вона визначає термін служби виробів із цього матеріалу. Вона залежить не лише від петрографічної будови каменю, але й від типу фактурної обробки поверхні. Лабрадорит, різновид анортозиту, завдяки своїй міцності і морозостійкості широко використовують у будівництві та декоративному оздобленні. Різні методи обробки поверхні виробів з лабрадориту, такі як термообробка, обробка дробом і водоструминна обробка, поліпшують не тільки естетичні властивості каменю, а й його функціональність, зокрема протиковзкі характеристики. Дослідження цих методів обробки є важливим для визначення їх впливу на довговічність виробів з декоративного камення.

Методи. У рамках даного комплексу досліджень проведено ряд експериментів із застосуванням обладнання, передбаченого ДСТУ Б EN 13755:2007 "Методи випробування природного каменю. Визначення водопоглинання при атмосферному тиску" та за допомогою електронного ультразвукового п'єзоелектричного дефектоскопа MATEST C372N.

Результати. Детально вивчено вплив деяких типів протиковзної обробки поверхні виробів з лабрадориту двох родовищ Українського щита на їх довговічність, яка є однією з ключових споживчих характеристик якості кам'яних оздоблювальних матеріалів. В основу досліджень покладено виявлення взаємозв'язку між збільшенням показника водопоглинання і погіршенням стану збереженості та застосованими типами обробки поверхні зразків лабрадориту з родовищ Кам'яна Піч і Слобідське – обробка дробом, обробка струменями води під тиском або обпалення вогнем (термообробка). Лабораторні дослідження показали, що водоструминна обробка є найменш руйнівною, тоді як термообробка і обробка дробом значно погіршують фізико-механічні властивості лабрадориту, підвищуючи його водопоглинання і знижуючи довговічність.

Висновки. Результати проведених досліджень демонструють необхідність обґрунтованого вибору технології обробки залежно від умов його подальшого використання. Важливо враховувати ці аспекти не лише на етапі вибору матеріалу декоративного камення, але й на стадії проєктування та реалізації архітектурних рішень, де довговічність виробів з природного камення впливатиме на загальну естетику і функціональність архітектурного об'єкта. Отримані дані є важливими для обґрунтованого вибору технологій обробки каменю у будівництві та архітектурі, забезпечуючи баланс між естетичними властивостями та експлуатаційною стійкістю матеріалу.

Ключові слова: лабрадорит, тип обробки поверхні, декоративне камення, Український щит, водоструминна обробка, обробка дробом, обпалення вогнем, термообробка.

Вступ

Серед споживчих якісних характеристик декоративного камення довговічність посідає одне з чільних місць, оскільки визначає терміни і ресурс практичної експлуатації виробів, виготовлених із цього природного матеріалу. Довговічність декоративного камення – багатфакторна характеристика, що залежить не лише від його петрографічної будови, мінерального складу, умов експлуатації виробів з нього, їх додаткового гідрофобного покриття, але також і від типу фактурної обробки поверхні.

Лабрадорит – це магматична гірська порода основного складу, різновид анортозиту, яка має темно-сіре до майже чорного забарвлення, складена до 95 % основним плагіоклазом (лабрадором) та невеликою кількістю темноколірних мінералів (піроксен, олівін, апатит, магнетит, ільменіт, рідше – калієвий польовий шпат, кварц, біотит, сульфід заліза). Структура лабрадоритів переважно крупно-, гігантозерниста. Текстура масивна. Характерною діагностичною ознакою лабрадориту є іризація (лабрадорисценція) – оптичний ефект у вигляді переливів блакитного, синього, зеленого, жовтого кольорів при зміні кута освітлення мінералу або породи (Гелета, & Сергієнко, 2006). Оскільки лабрадорит не містить кварцу, він, на відміну від граніту, легше обробляється, є міцним і морозостійким оздоблювально-будівельним матеріалом. Широко застосовується для зовнішнього облицювання і мощення, виготовлення стільниць, архітектурно-будівельних виробів, постаментів, бруківки. Густина лабрадоритів – 2,7–2,95 т/м³ (Гелета, & Захарченко, 2017).

Автори вже здійснювали дослідження на предмет початкових стадій вивітрювання лабрадоритів у виробках та архітектурних пам'ятках України (Гелета, & Сергієнко, 2011) і стійкості до вивітрювання основних типів лабрадоритів Українського щита (Гелета, & Сергієнко, 2012). Негативним фактором для лабрадориту є наявність у його складі домішок залізовмісних мінералів, які при окисненні утворюють на поверхні каменю іржаво-брунатні плями (Гелета, & Сергієнко, 2012).

В Україні лабрадорити входять до складу анортозит-рапаківі-гранітної формації і поширені в межах Коростенського (Житомирська область) і Корсунь-Новомиргородського (Черкаська і Кіровоградська області) плутонів Українського щита (УЩ). В Україні виявлено понад 40 родовищ лабрадоритів та анортозитів, з яких розробляють близько 10–12. На світовому ринку найвідомішими є лабрадорити Осниківського, Головинського, Очеретянського, Добринського, Слобідського, Кам'янобрідського родовищ, розташованих у Житомирській області (Гелета, & Сергієнко, 2005).

Відомо, що вироби з декоративного камення з полірованою поверхнею демонструють найвищий рівень довговічності, оскільки такий тип фактурної обробки суттєво зменшує сприйнятливість до негативного впливу зовнішніх факторів навколишнього середовища (Семенченко та ін., 1974). Відповідно різні типи обробки поверхні виробів з декоративного камення також мають і певне художньо-естетичне чи функціональне призначення.

© Гелета Олег, Сергієнко Ігор, 2025

Наприклад, полірована фактура, окрім забезпечення найбільшої довговічності каміння, ще й найкраще проявляє його колір і текстурний рисунок.

Натомість у виробі з природного каміння, призначеного для мощення тротуарів, доріжок, сходів, сходових майданчиків тощо застосовують фактури обробки, які забезпечують неслизьку поверхню покриття. До основних типів такої обробки належать термооброблена, водоструминна, абразивна, бучардована, рифлена та ін. Такі типи обробки також використовують для накривних плит і облицювальних плит в оздобленні цоколів будинків (Гелета, & Захарченко, 2017).

Обпалена полум'ям поверхня (або термооброблена, *flame-treated* (*thermally treated*)) – це фактура обробки поверхні декоративного каміння, утворена внаслідок її обпалення вогняними струменями при температурних показниках в межах 2300–2700 °С. За такого високотемпературного впливу породотвірні мінерали гірської породи частково руйнуються, утворюючи у результаті рівномірно-шорстку поверхню з перепадом рельєфу до 10 мм. Зазначена технологія обробки є нині найпоширенішою в Україні при виготовленні виробів з декоративного каміння з нековзкими поверхнями для зовнішнього мощення, має певні естетичні якості і найнижчу собівартість. Проте такий високоенергетичний вплив на поверхню виробів вимагає детального аналізу з погляду впливу на довговічність.

Оброблена дробом поверхня (*shot-blasted finish*) – це специфічний різновид піскоструминної обробки (*sand blasted finish*) декоративного каміння. Однак, на відміну від традиційного використання абразивного матеріалу у вигляді піску, у цьому випадку застосовують дріб із заліза або чавуну. Цей метод обробки, у процесі якого металевий дріб здійснює механічний вплив на верхній шар каменю, руйнуючи його при цьому, приводить до утворення рівномірно-шорсткої поверхні з відмінними естетичними і функціональними характеристиками. Металевий дріб, зокрема, завдяки своїй структурі і формі, дає змогу досягти високого рівня однорідності обробленої поверхні, що в подальшому позитивно впливає на декоративність поверхні та експлуатацію виробів. Зазначена технологія обробки менше поширена, ніж термообробка, оскільки передбачає застосування спеціального обладнання і, відповідно, дорожча.

Водоструминна обробка (*water jet stream finish*) – це технологія, яка передбачає обробку поверхні декоративного каміння струменями води під високим тиском. Цей метод дає змогу досягти значно вищої точності обробки, оскільки струмінь води може проникати в найменші деталі і нерівності поверхні виробів, утворюючи при цьому ідеально однорідну матову текстуру без шкоди для структурної цілісності матеріалу (Гелета, & Захарченко, 2017).

Описані вище типи обробки поверхні, незважаючи на свої специфічні технологічні особливості, мають однакове функціональне призначення – ефективно забезпечувати протиковзні характеристики поверхні виробів з декоративного каміння. Ці властивості надзвичайно важливі для забезпечення безпеки під час експлуатації виробів, особливо в зонах з підвищеним ризиком падіння пішоходів в умовах обледеніння поверхні.

Крім того, ці типи обробки також можуть бути застосовані для створення естетичного ефекту старожитності виробів, що робить їх популярними в сучасному дизайні інтер'єрів та екстер'єрів. Отже, інтеграція цих видів обробки поверхні у виробничі каменярські процеси забезпечує не лише підвищення функціональності, а й поліпшення естетичних якостей виробів з декоративного каміння.

Враховуючи, що такі вироби використовуються зазвичай у зовнішньому середовищі і постійно зазнають фізичних навантажень та атмосферно-кліматичного впливу, важливо дослідити їх потенційний експлуатаційний ресурс залежно від застосованих певних типів обробки поверхні.

Методи

Для вирішення визначених питань щодо дослідження впливу різних типів обробки поверхні виробів з лабрадоритів на їх якісні характеристики, автори провели комплексний аналіз показників водопоглинення і результатів ультразвукової діагностики стану збереженості зразків із поверхнями, які попередньо були обпалені полум'ям (термооброблені), оброблені дробом і оброблені струменями води під тиском (водоструминна обробка) відповідно до пункту 4.1.8.2 ДСТУ EN 1469:2007 "Вироби з природного каменю. Облицювальні плити. Вимоги" (Гелета, 2012).

Поверхня тильних і бічних сторін цих зразків мала пиляну фактуру обробки, що забезпечило рівномірність і однорідність їх початкової текстури. Дані зразки у вигляді плиток квадратної форми з розмірами бічних сторін 0,13*0,13 м було виготовлено з лабрадориту родовищ Кам'яна Піч і Слобідське (Житомирська обл.), розташованих у межах Коростенського плутону УЩ.

Як еталонні зразки використано плитки з лабрадориту цих же родовищ з полірованою лицевою поверхнею та аналогічними формою і розмірами.

Дослідження водопоглинення зразків лабрадоритів із родовищ Кам'яна Піч і Слобідське з обпаленою (термооброблена), обробленою дробом і водоструминною поверхнями проведено відповідно до вимог ДСТУ Б EN 13755:2007 "Методи випробування природного каменю. Визначення водопоглинання при атмосферному тиску".

Дослідження стану збереженості зразків лабрадориту родовищ Кам'яна Піч і Слобідське з обпаленою (термооброблена), обробленою дробом і водоструминною поверхнями обробки проводилось відповідно до "Методики визначення стану збереженості пам'яток з декоративного каміння України", затвердженої наказом Державного гемологічного центру України від 12.01.2015 № 2/15-5, яка передбачає використання ультразвукового зондування та електронних ультразвукових п'єзоелектричних дефектоскопів. Для проведення досліджень використано електронний ультразвуковий п'єзоелектричний дефектоскоп MATEST C372N, що працює на частоті ультразвукових коливань 55 кГц.

Результати

Ключовим фактором, який безпосередньо впливає на довговічність декоративного каміння, є його водопоглинення, адже волога при проникненні в пори та тріщини, утворені в результаті природних і технологічних впливів, розширюється при замерзанні, тим самим порушуючи цілісність гірської породи та спричиняючи процеси поверхневого, а згодом і внутрішнього руйнування, особливо в умовах, що супроводжуються коливаннями температури біля позначки 0 °С.

Таким чином, підвищена пористість і тріщинуватість гірських порід спричиняють зростання водопоглинення, що негативно впливає на довговічність виробів.

Для порівняння якісних характеристик автори обрали поліровані зразки з полірованою поверхнею, оскільки при такому типі обробки гірська порода зазнає найменшого руйнівального впливу і забезпечує відносну цілісність та найбільшу довговічність (Семенченко та ін., 1974). Це пояснюється тим, що при обробці поверхні виробів поліруванням, на відміну від інших фактур (пиляної, термообробленої, колотої та ін.), найкраще

закриваються мікропори і капіляри, по яких волога може проникати в гірську породу.

У результаті отримано показники (табл. 1), на основі яких зроблено якісний порівняльний аналіз та оцінку властивостей матеріалу.

Загалом виявлено чітку тенденцію для лабрадоритів і з родовища Кам'яна Піч, і зі Слобідського родовища щодо збільшення водопоглинання зразків залежно від застосованого типу їх обробки. Відмічено, що найменш руйнівний характер на гірську породу має водоструминна обробка, більш руйнівний – оброблена дробом, а найбільш руйнівний – обпалення вогнем (термообробка) (рис. 1). Встановлено, більш різке збільшення водопоглинання у зразків з обпаленою і обробленою дробом поверхнями. Для лабрадориту родовища Кам'яна Піч у

зразках з обпаленою і обробленою дробом поверхнями фіксується вдвічі більше водопоглинання, ніж у зразків лабрадориту Слобідського родовища, що пояснюється більш крупнозернистою структурою породотвірних мінералів останнього.

Аналіз взаємозв'язку між водопоглинанням і довговічністю є важливим аспектом досліджень для подальшого розвитку технологій обробки та використання декоративного каміння в будівництві й архітектурі, оскільки це суттєво впливатиме на вибір матеріалів та типу їх обробки відповідно до умов експлуатації виробів. Визначення цих аспектів надає цінну інформацію для інженерів і архітекторів, які прагнуть досягти оптимального поєднання естетичних якостей і довговічності у своїх проєктах.

Таблиця 1

Показники водопоглинання при атмосферному тиску (A_b) зразків лабрадоритів з родовищ Кам'яна Піч і Слобідське та їх порівняння з еталонними зразками

№	Родовище	Тип обробки поверхні	Показник водопоглинання (A_b), % мас.	Збільшення водопоглинання відносно еталонного зразку (рази)
1	Кам'яна Піч	полірована (еталонний зразок)	0,027	1,00
2		водоструминна обробка	0,047	1,74
3		оброблена дробом	0,121	4,48
4		обпалена (термооброблена)	0,127	4,70
5	Слобідське	полірована (еталонний зразок)	0,044	1,00
6		водоструминна обробка	0,076	1,73
7		оброблена дробом	0,102	2,32
8		обпалена (термооброблена)	0,113	2,57



Рис. 1. Зростання показника водопоглинання (вісь Y) лабрадоритів родовищ Кам'яна Піч і Слобідське відносно еталонного зразка залежно від типу обробки поверхні (вісь X)

"Методика визначення стану збереженості пам'яток з декоративного каміння України", затверджена наказом Державного геологічного центру України від 12.01.2015 № 2/15-5, базується на принципі акустичного зондування, що дає змогу отримати інформацію про механічні властивості матеріалу і, порівняно з еталонами, про стан збереженості виробу з декоративного каміння.

Швидкість пружних ультразвукових хвиль (V) обчислюється за формулою, що є результатом ділення відстані між випромінювачем і детектором (L) на мінімальний час проходження хвилі (t), який фіксує спеціалізований прилад:

$$V = L/t \quad (1)$$

Цей параметр є критично важливим для подальшого аналізу стану зразків, оскільки швидкість поширення хвиль безпосередньо пов'язана з механічною жорсткістю матеріалу.

Параметром, що характеризує ступінь збереженості матеріалу зразків лабрадоритів, є акустичний коефіцієнт (K_a). Цей коефіцієнт визначається як відношення швидкості пружних хвиль, виміряних на досліджуваному об'єкті (V'), до швидкості, зафіксованої в еталонних зразках (V):

$$K_a = V'/V \quad (2)$$

Такий підрахунок дає змогу провести детальну оцінку ступеня деградації матеріалу та визначити можливі зміни у фізико-механічних властивостях лабрадоритів унаслідок різних методів обробки.

Чим більшою є кількість поверхневих і внутрішніх руйнувань у матеріалі досліджуваних зразків лабрадориту, тим нижчим буде значення акустичного коефіцієнта (K_a). У разі відсутності внутрішніх руйнувань у матеріалі декоративного каміння, значення K_a дорівнює одиниці, що свідчить про ідеальний стан збереженості. Однак за збільшення обсягу та ступеня руйнувань значення акустичного коефіцієнта K_a буде наближатися до нуля. Це свідчить про загальну деградацію матеріалу, яка може суттєво вплинути на його експлуатаційні характеристики та термін служби.

Дослідження за допомогою акустичного зондування дало змогу здійснити точну оцінку стану збереженості зразків лабрадоритів шляхом порівняння швидкості поширення пружних хвиль Релея у матеріалі досліджуваних зразків лабрадоритів, які зазнали обробки

обпаленням (термообробка), дробом та струменями води, відносно еталонних зразків лабрадоритів, які мали поліровану поверхню.

За результатами досліджень стану збереженості зразків лабрадоритів родовищ Кам'яна Піч і Слобідське отримано числові показники акустичного коефіцієнта, наведені в табл. 2.

Дослідження стану збереженості зразків лабрадориту родовищ Кам'яна Піч і Слобідське продемонстрували, що найменшого руйнівного впливу на цілісність гірської породи зазнали вироби з водоструминною обробкою поверхні – для обох родовищ зафіксовано акустичний коефіцієнт (K_a), що дорівнює 0,93 відносно еталонного зразка.

Натомість значно гіршими виявилися показники збереженості для зразків, які мали поверхню, оброблену дробом, у яких акустичний коефіцієнт (K_a) відносно значень еталонного зразка становив 0,87 для родовища Кам'яна Піч і 0,84 для Слобідського родовища. Це свідчить про те, що обробка дробом, хоч і є ефективною в

контексті естетичних характеристик, але суттєво знижує механічну цілісність матеріалу, що негативно впливатиме на його довговічність.

Найгірші показники збереженості виявилися у зразків, що мали обпалену вогнем (термооброблену) поверхню – у них акустичний коефіцієнт (K_a) відносно значень еталонного зразка зафіксовано на рівні 0,65 у родовища Кам'яна Піч і 0,50 у Слобідського родовища.

Результати аналізу, отримані в процесі порівняння акустичних властивостей, можуть слугувати основою для подальших досліджень у сфері матеріалознавства та технологій обробки декоративного каміння, оскільки забезпечують важливу інформацію для вибору оптимальних методів обробки, що сприяють максимальному збереженню фізичних і механічних властивостей кам'яних матеріалів. Також ці дані можуть бути корисними для практичного застосування в будівництві та архітектурі, де особливо важлива довговічність і стійкість до впливу навколишнього середовища.

Таблиця 2

Показники акустичного коефіцієнта зразків лабрадориту родовищ Кам'яна Піч і Слобідське (акустичний коефіцієнт K_a)

№	Родовище	Тип обробки поверхні	Швидкість (V'), км/с	Акустичний коефіцієнт (K_a) відносно еталонного зразка (рази)
1	Кам'яна Піч	полірована (еталонний зразок)	5,25	1,00
2		водоструминна обробка	4,87	0,93
3		оброблена дробом	4,58	0,87
4		обпалена (термооброблена)	3,40	0,65
5	Слобідське	полірована (еталонний зразок)	5,01	1,00
6		водоструминна обробка	4,66	0,93
7		оброблена дробом	4,19	0,84
8		обпалена (термооброблена)	2,50	0,50

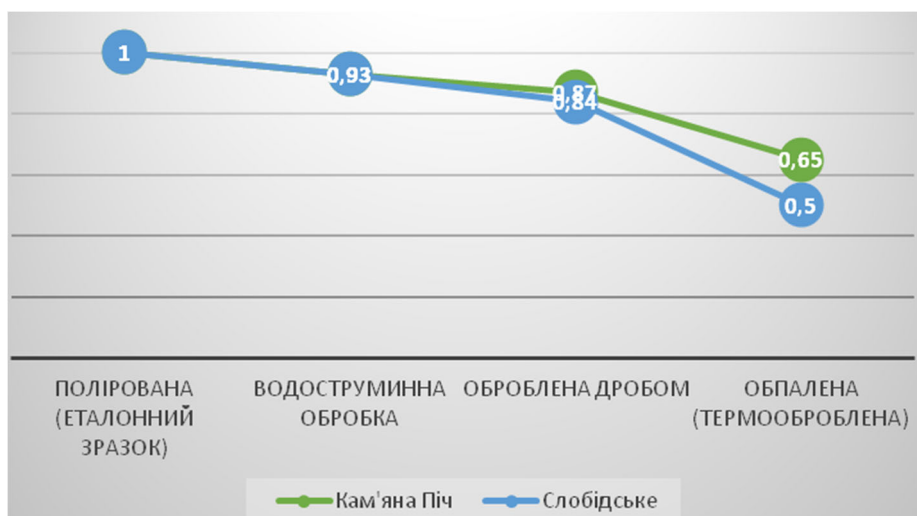


Рис. 2. Зниження акустичного коефіцієнта (вісь Y) лабрадоритів родовищ Кам'яна Піч і Слобідське відносно еталонного зразка залежно від типу обробки поверхні (вісь X)

Згідно з даними, наведеними в літературних джерелах (Семенченко та ін., 1974), довговічність лабрадоритів може варіюватися в межах від 220 до 350 років. Ці показники, однак, стосуються зразків, які не зазнали впливу різних процесів, що призводять до поверхневого і внутрішнього руйнування декоративного каміння. Але реальна тривалість служби декоративного каміння в умовах експлуатації, як ми бачимо з проведених досліджень, може бути значно нижчою залежно від вибраного типу обробки виробів.

У зв'язку із цим у табл. 3 представлено прогнозований термін імовірного ресурсу експлуатації (довговічності)

виробів з лабрадориту родовищ Кам'яна Піч і Слобідське (Житомирська обл.) після обробки їх поверхні за допомогою таких технологій, як водоструминна, обробка дробом і обпалена вогнем (термообробка). Це прогнозування ґрунтується на аналізі отриманих експериментальних даних стану збереженості, які дають змогу оцінити, як кожен з описаних методів обробки впливає на якісні характеристики лабрадориту, зокрема його здатність протистояти таким факторам, як волога, температурні коливання, механічні навантаження та ін., що спричиняють руйнування декоративного каміння.

Таблиця 3

Прогнозований термін імовірного ресурсу експлуатації (довговічності) лабрадоритів родовищ Кам'яна Піч і Слобідське після водоструминної обробки, обробки дробом і обпаленням вогнем

Родовище	Характеристика / прогнозований термін довговічності	Тип обробки поверхні			
		полірована (еталон)	водоструминна	дробом	обпалена (термооброблена)
Кам'яна Піч	A _в (водопоглинення)	1,00	1,74	4,48	4,70
	K _а (акустичний коефіцієнт)	1,00	0,93	0,87	0,65
	роки	220–350	205–326	191–305	143–228
Слобідське	A _в (водопоглинення)	1,00	1,73	2,32	2,57
	K _а (акустичний коефіцієнт)	1,00	0,93	0,84	0,50
	роки	220–350	205–326	185–294	110–175

Результати проведених досліджень демонструють, що різні типи обробки поверхні мають безпосередній вплив на збереженість і довговічність декоративного каміння, що підкреслює необхідність обґрунтованого вибору технології обробки залежно від умов його подальшого використання. Важливо враховувати ці аспекти не лише на етапі вибору матеріалу, але і на стадії проектування та реалізації архітектурних рішень, де довговічність виробів із декоративного каміння може вплинути на загальну естетику і функціональність об'єктів, оскільки різні типи обробки поверхні кам'яних виробів суттєво впливають на довговічність матеріалу через зміни в його водопоглиненні та структурній цілісності. Виявлена тенденція до зростання водопоглинення, особливо при термообробці або обробці дробом, свідчить про необхідність обережного підходу до застосування цих технологій. Це особливо актуально для зовнішніх конструкцій, які зазнають значного впливу атмосферних факторів, таких як волога, перепади температур і механічні навантаження.

Крім того, у будівництві вибір технології повинен враховувати не тільки функціональні, але й естетичні вимоги. Наприклад, термообробка забезпечує неслизьку поверхню і низьку вартість, але скорочує прогнозований термін експлуатації матеріалу. Водоструминна обробка, хоч і дорожча за собівартість, показує кращі результати у збереженні механічної цілісності кам'яних виробів, що робить її доцільною для об'єктів, де довговічність є пріоритетом. Таким чином, отримані наукові дані дають змогу архітекторам і будівельникам обирати технології обробки поверхні залежно від умов експлуатації, забезпечуючи оптимальний баланс між естетикою, безпекою і тривалістю служби конструкцій.

Дискусія і висновки

Проведений комплекс досліджень водопоглинення і ультразвукової діагностики стану збереженості зразків лабрадориту з родовищ Кам'яна Піч і Слобідське (Житомирська область) дав змогу встановити залежність зміни внутрішньої цілісності гірської породи від застосованих типів фактурної обробки, зокрема обпалення полум'ям (термооброблена), обробки дробом і обробки струменями води під тиском (водоструминна).

Аналіз досліджень цих якісних характеристик підтвердив, що найбільш руйнівною обробкою для лабрадоритів є обпалення вогнем (термообробка). Це пояснюється зміною внутрішньої структури гірської породи внаслідок високотемпературного впливу, який призводить до зниження її механічної міцності.

Менш руйнівним є метод обробки дробом, який не завдає такої шкоди гірській породі, як термообробка.

Найменш негативного впливу на внутрішню цілісність лабрадориту завдає водоструминна обробка, що свідчить про її переваги в контексті збереження якісних характеристик при фактурній обробці декоративного каміння.

Враховуючи стан збереженості досліджуваних зразків лабрадориту після фактурної обробки, здійснено прогнозування термінів імовірного ресурсу їх експлуатації

(довговічності) залежно від типу застосованої обробки ліцевої поверхні.

Це дає змогу управляти якісними характеристиками лабрадоритів, обираючи відповідний метод обробки виробів із цього декоративного каміння. Водночас важливо відзначити, що ці висновки справедливі не лише для лабрадоритів УЩ, але й для інших петрографічних різновидів декоративного каміння. Це підкреслює важливість отриманих результатів та відкриває нові перспективи для подальших досліджень у сфері матеріалознавства.

Особливою перевагою проведеного дослідження є застосування акустичного зондування, яке забезпечує отримання як якісних, так і кількісних характеристик, що відображають стан внутрішньої структури матеріалу зразків декоративного каміння. Результати даного дослідження можуть слугувати основою для оптимізації технологічних процесів обробки декоративного каміння, що, у свою чергу, сприятиме підвищенню його експлуатаційних характеристик і довговічності в умовах реального використання в будівництві та архітектурі.

Внесок авторів: Олег Гелета – концептуалізація, розробка методології, математичний аналіз отриманих даних, написання (оригінальна чернетка); Ігор Сергієнко – лабораторні дослідження, інтерпретація даних, перегляд та редагування.

Подяки, джерела фінансування. Автори висловлюють щирі вдячності директору ТОВ "АКАМ" Олексію Міхееву за люб'язно надані зразки для досліджень; Нікіті Касьянову та Микиті Царильнику – за технічну допомогу у виконанні лабораторних досліджень; Оксані Максюті – за літературне редагування тексту статті.

Список використаних джерел

- Гелета, О.Л. (2012). На зміну Державних стандартів України на декоративне каміння прийшли Національні стандарти. *Коштовне та декоративне каміння*, 3(69), 21.
- Гелета, О.Л., & Захарченко, П.В. (2017). *Товарознавство та експертна оцінка декоративного каміння*. Центр учбової літератури.
- Гелета, О.Л., & Сергієнко, І.А. (2005). Лабрадорити України: головні споживчі властивості та петролого-технологічна класифікація. *Коштовне та декоративне каміння*, 1(39), 15–23.
- Гелета, О.Л., & Сергієнко, І.А. (2006). Кількісна оцінка характеристик відносної споживчої якості лабрадоритів УЩ. *Коштовне та декоративне каміння*, 1(43), 9–14.
- Гелета, О.Л., & Сергієнко, І.А. (2011). Дослідження початкових стадій вивітрювання лабрадоритів у виробках та архітектурних пам'ятниках України. *Коштовне та декоративне каміння*, 1(63), 23–25.
- Гелета, О.Л., & Сергієнко, І.А. (2012). Дослідження та оцінка стійкості до вивітрювання основних типів лабрадоритів України. *Коштовне та декоративне каміння*, 2(68), 12–17.
- ДСТУ Б EN 13755:2007. *Методи випробування природного каменю. Визначення водопоглинання при атмосферному тиску*. (2008). Державне підприємство "Укрархбудінформ".
- Семенченко, Ю.В., Агафонова, Т.Н., Солонинко, І.С., Львова, Т.В., & Назаренко, В.В. (1974). *Цветные камни Украины*. Будівельник.

References

- DSTU B EN 13755:2007. (2008). *Natural stone test methods – Determination of water absorption at atmospheric pressure*. Kyiv: State Enterprise "UkrArchBudInform".
- Geleta, O.L. (2012). The State Standards of Ukraine for decorative stones were replaced by the National Standards. *Precious and decorative stones*, 3(69), 21.

Geleta, O.L., & Sergienko, I.A. (2005). Labradorites of Ukraine: main consumer properties and petrological-technological classification. *Precious and decorative stones*, 1(39), 15–23.

Geleta, O.L., & Sergienko, I.A. (2006). Quantitative assessment of the characteristics of the relative consumer quality of labradorites of the Ush. *Precious and decorative stones*, 1(43), 9–14.

Geleta, O.L., & Sergienko, I.A. (2011). Study of initial stages of labradorite weathering in products and architectural monuments of Ukraine. *Precious and decorative stones*, 1(63), 23–25.

Geleta, O.L., & Sergienko, I.A. (2012). Research and assessment of resistance to weathering of the main types of labradorites of Ukraine. *Precious and decorative stones*, 2(68), 12–17.

Geleta, O.L., & Zakharchenko, P.V. (2017). *Merchandising and expert assessment of decorative stones*. Center of educational literature.

Semenchenko, Y.V., Agafonova, T.N., Soloninko, I.S., Lvova, T.V., & Nazarenko, V.V. (1974). *Colored stones of Ukraine*. Builder.

Отримано редакцією журналу / Received: 18.12.24

Прорецензовано / Revised: 22.01.25

Схвалено до друку / Accepted: 12.03.25

Oleg GELETA, PhD (Geol.),
Corresponding Member of the Academy of Construction of Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-3583-7885
e-mail: olgel@gems.org.ua
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Igor SERGIENKO, Master of Arts
ORCID ID: 0009-0002-2214-1982
e-mail: sia.gems@gmail.com
State Gemological Center of Ukraine, Kyiv, Ukraine

MANAGEMENT OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF LABRADORITE PRODUCTS OF THE UKRAINIAN SHIELD TAKING INTO ACCOUNT THE TYPES OF THEIR SURFACE PROCESSING

Background. Durability is one of the key characteristics of decorative stone, as it determines the service life of products made from this material. It depends not only on the petrographic composition of the stone but also on the type of surface texture treatment. Labradorite, a variety of anorthosite, is widely used in construction and decorative finishing due to its strength and frost resistance. Different surface treatment methods for labradorite products, such as thermal treatment, abrasive blasting, and water jet treatment, enhance not only the aesthetic properties of the stone but also its functionality, particularly its anti-slip characteristics. The study of these treatment methods is essential for determining their impact on the durability of decorative stone products.

Methods. A series of experiments were carried out as part of this research using equipment specified in the DSTU B EN 13755:2007 "Methods of Testing Natural Stone. Determination of Water Absorption under Atmospheric Pressure" and an electronic ultrasonic piezoelectric flaw detector MATEST C372N.

Results. The impact of several types of anti-slip surface treatments on the durability of labradorite products from two deposits of the Ukrainian Shield has been studied in detail. Durability is one of the key consumer characteristics of the quality of stone finishing materials. The research aimed to identify the correlation between increased water absorption and deterioration of stone preservation, depending on the applied surface treatments of labradorite samples from the Kamiana Pich and Slobidske deposits—abrasive blasting, water jet treatment under pressure, and thermal treatment (fire treatment). Laboratory studies showed that water jet treatment is the least destructive, while thermal treatment and abrasive blasting significantly impair the physico-mechanical properties of labradorite, increasing its water absorption and reducing its durability.

Conclusions. The results of the research highlight the need for a well-founded choice of treatment technology based on the conditions of further use. These aspects should be considered not only at the stage of selecting decorative stone material but also during the design and implementation of architectural solutions, as the durability of natural stone products will influence the overall aesthetics and functionality of the architectural object. The obtained data are important for the informed selection of stone treatment technologies in construction and architecture, ensuring a balance between aesthetic properties and the operational stability of the material.

Keywords: labradorite, type of surface treatment, decorative stones, Ukrainian shield, water jet treatment, blast treatment, fire firing, heat treatment.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; in the decision to publish the results.