СТІЙКІСТЬ ВИРОБІВ З ЛАБРАДОРИТУ В УМОВАХ СУЧАСНОГО МІСТА

І.А. СЕРГІЄНКО, ДГЦУ

УДК 553.527(477) В статье сделан обзор основных видов воздействий природного и антропогенного происхождения, разрушающих изделия из лабрадорита. Описаны причины ухудшения декоративности данных изделий. При прочих равных условиях более стойкими к выветриванию являются лейкократовые разновидности лабрадоритов. Для повышения стойкости поверхности изделий предлагается использовать метод аванфлюатирования.

The basic kinds of destroying effects of natural and anthropogenous origin on labradorite products are reviewed in the article. The reasons of decorative quality deterioration of the given products are characterized. With other things being equal leucocratic varieties of labradorite are the most stable to airing. The аванфлюатирования avanfluatation method is suggested using to increase the durability of the products surface.

Лабрадорит з родовищ України – один з найпопулярніших декоративних каменів світу. Наявність особливого оптичного ефекту – іризації, механічна міцність і водночас добра придатність до обробки роблять лабрадорит цінним матеріалом для практичного використання. Таке виняткове положення на ринку декоративного каміння викликає посилену увагу споживачів до якісних характеристик даного матеріалу та його споживчих властивостей.

Лабрадорит посідає одне з чільних місць серед нечисленних різновидів найцінніших сортів декоративного каміння, яке використовується для оздоблення і виготовлення архітектурно-будівельних виробів. Він добре піддається обробці, полірується до дзеркальної поверхні і найголовніше – вирізняється високими декоративними якостями, пов'язаними з іризацією – райдужним оптичним ефектом, властивим саме лабрадоритам. Це дозволяє виготовляти широкий спектр архітектурно-будівельних виробів: плити окантовані й неокантовані (сляби), модульні плити для облицювання та плити для мостіння, підвіконня та сходи, брущатку пиляну та колоту, бордюри, ритуальні вироби, фасонні та криволінійні деталі, в тому числі кулі, вази, балясини тощо.

Будь-які кам'яні матеріали під час експлуатації зазнаютть постійної дії природних та антропогенних чинників. Процеси вивітрювання однаково діють як на гірські породи верхніх шарів земної кори, так і на кам'яні матеріали в будівельних конструкціях. Усі без винятку види природного каміння з плином часу руйнуються: деякі, наприклад, кварцит, протягом тисячі років, інші – за порівняно незначний час експлуатації споруд, причому деякі різновиди отримують невиправні пошкодження майже відразу після закінчення будівництва. Процес руйнування природного каміння, яке знаходиться на поверхні споруд і перебуває під впливом повітря та атмосферних опадів, викликаний одночасно кількома причинами.

Одна з цих причин полягає в тому, що більшість породотвірних мінералів самі поступово руйнуються через зміну умов свого існування. Так, наприклад, польові шпати розпадаються на силікат кремнезему – каолін та легкорозчинні силікати лугів, які вимиваються водою. За таких перетворень, звичайно, руйнуються як самі зерна мінералів, так і зв'язки між ними. Якщо внаслідок таких процесів відбувається лише певна перекристалізація речовини без суттєвої зміни її складу, то міцність природного каміння може навіть збільшитися. Наприклад, деякі вапняки та пісковики м'які, коли щойно видобуті, але з часом поступово твердішають внаслідок випаровування порових розчинів з наступною кристалізацією в цих порах розчинених речовин (кремнезему, вапна, гіпсу тощо). Але, на жаль, перетворення мінералів, здебільшого вторинні, в умовах денної поверхні пов'язані з глибокими змінами їхнього складу та структури, що супроводжуються поступовою дезінтеграцією матеріалу. Внаслідок цих процесів гірська порода поступово втрачає здатність опиратися дії руйнівних факторів, і вплив процесів вивітрювання посилюється.

Головна причина вивітрювання природного каміння – хімічна дія газів та інших речовин, які містяться в повітрі та воді. Кисень повітря за наявності вологи викликає перехід речовин з нижчих ступенів окиснення у вищі (наприклад, закису заліза в окис), що призводить до руйнування деяких мінералів, які знаходяться в гірській породі, наприклад, сульфідів (пірит, піротин).

Чиста вода також, хоч і повільно, але розчиняє й виносить багато таких речовин, які зазвичай вважаються нерозчинними в ній. Руйнування значно прискорюється за наявності у природній воді кислотних компонентів, насамперед вуглекислого газу. Наприклад, розчинення карбонатів кальцію в кислих дощових водах може збільшитися майже в 30 разів. Крім того, кислі природні розчини поступово руйнують більшість силікатів, особливо плагіоклази основного складу, перетворюючи їх на вуглекислі солі з виділенням кремнезему.

Іще швидше відбуваються процеси руйнування порід у промислових містах, де повітря забруднене сполуками сірки. Сірчиста і сірчана кислоти, які входять до складу антропогенних кислотних дощів, руйнують каміння з утворенням сірчанокислих сполук, які розчиняються навіть легше, ніж вуглекислі сполуки. Наприклад, порівняно важкорозчинні карбонати магнію перетворюються на легкорозчинні сульфати. Тому у великих промислових містах вироби з декоративного каміння, особливо карбонатного складу, поступово втрачають поліровку, їхня поверхня швидко тьмяніє та стає пористою.

Разом з пилом до тріщин і пор каміння заносяться спори та насіння нижчих рослин – водоростей, моху, лишайників. Рослинні організми, виділяючи вуглекислоту, розчиняють гірські породи, в яких знаходяться, та отримують таким чином необхідні для живлення лужні солі, вапно та кремнезем. Автори [1, 2] в ході мі-

Фото 1. Окиснення залізистих мінералів на поверхні пам'ятника з лабрадориту (Одеса)

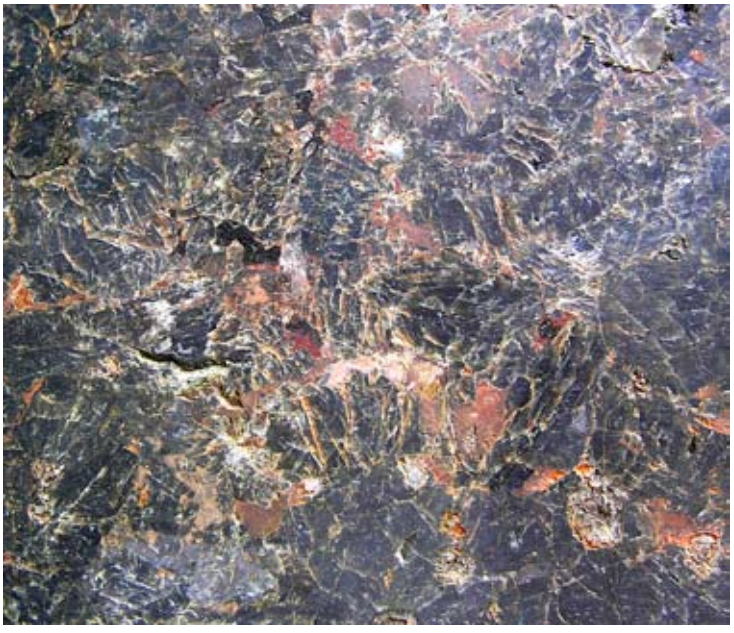

Фото 2. Окиснення та посилене руйнування лабрадориту, який був використаний для облицювання цоколю (Кривий Ріг): більш залізисті види лабрадориту зазнали значних змін та повністю втратили свою декоративність

кробіологічних досліджень виявили специфічні симбіози, в яких беруть участь тіонові бактерії, мікроскопічні гриби, водорості, лишайники. Нерідко на пошкоджених ділянках архітектурних пам'яток зустрічається 8–12 видів тільки нижчих грибів. Експерименти однозначно доводять, що наявність біологічних організмів та продуктів їх метаболізму значно прискорює процеси руйнування мармуру і дещо меншою мірою – граніту.

Ґрунтові води майже завжди містять у собі органічні кислоти, в основному гумінові. Також при повільному гнитті органічних решток утворюються неорганічні кислоти – сірководнева, азотиста та азотна. Луги, які містяться в природному камінні, утворюють разом з цими кслотами розчинні солі, тому камені, що контактують з ґрунтами, руйнуються переважно таким чином.

Швидкість проникнення руйнівних процесів углиб кам'яного матеріалу залежить не лише від його мінерального складу, але й від його густини. Окрім тріщин, які мало каміння з часів його утворення, або тих, що утворилися в ході його видобутку, у товщі каміння з часом з'являються й нові тріщини внаслідок коливань температури. Коефіцієнт лінійного розширення відрізняється не тільки в окремих мінералів, але навіть в одному й тому самому мінеральному зерні за різними кристалографічними напрямками. Тому при змінах температури у породі неминуче з'являються внутрішні напруження, сила яких зростає разом зі збільшенням розміру зерен мінералу в гірській породі. Внаслідок цього руйнуються зв'язки між окремими зернами, що поступово призводить до появи тріщин. Найбільше полегшують утворення тріщин такі фактори: неоднорідний склад каменю, крупнозернистість, темний колір породи, що сприяє поглинанню тепла, та географічне орієнтування площин виробу на південь.

Лабрадорит як гірська порода, збагачена основними оксидами, досить стійкий до дії лужних та основних розчинів, але не є стійким до дії кислотних розчинів незалежно від їхнього походження – атмосферного, антропогенного, біогенного. Кислотні компоненти розчинів безпосередньо впливають на процеси карбонатизації лужних польових шпатів, що призводить до світлішого забарвлення породи, а разом з киснем швидко руйнують один з основних компонентів петрографічного складу – залізисті мінерали. В результаті змінюється забарвлення цих мінералів з чорного на буре, і порода в цілому набуває червонуватого або бурувато відтінку, а за умови значного вмісту темнокольорових мінералів спостерігається виділення іржі й на поверхні виробів. Серед каменярів цей процес пов'язують з наявністю в гірських породах "рудних мінералів" або "заліза", а в чинних державних стандартах – з наявністю сульфідів. Проте макроскопічні дослідження поверхні стародавніх намогильних пам'ятників, виготовлених з лабрадориту в середині XIX та на початку XX ст. (Байковий та Лук'янівський цвинтарі у Києві), дозволяють зробити висновок, що найбільш схильними до руйнації є порівняно нестійкі силікати заліза (залізисті пі-

роксени та олівін), водночас власне рудні компоненти титаномагнетит та ільменіт залишаються незмінними (фото 1).

Нерідко можна спостерігати випадки, коли механічно не пошкоджені елементи оздоблення з лабрадориту втрачають свої декоративні властивості через невідповідність фізико-хімічної стійкості каменю тим умовам, в яких він застосовується. Два різних за мінеральним складом лабрадорити в однакових умовах експлуатації матимуть різну фізико-хімічну стійкість (фото 2). Чітким критерієм фізико-хімічної стійкості лабрадоритів у їх використанні для створення архітектурно-будівельних виробів є кількість плагіоклазу в загальному об'ємі породи як компоненту, досить стійкого до хімічного вивітрювання принаймні протягом терміну експлуатації виробу. Різновиди лабрадориту з максимальною часткою плагіоклазу і мінімальним вмістом другорядних мінералів є більш стійкими до хімічного вивітрювання, ніж лабрадорит з високим вмістом залізистих мінералів, які заміщуються псевдоморфозами карбонату та гідроокису заліза. Практично підтверджено, що найбільш стійкими до хімічного впливу навколишнього середовища є лабрадорити з максимальним вмістом плагіоклазу (родовища Кам'яна Піч та Синій Камінь), на відміну від лабрадоритів багатих на другорядні мінерали, насамперед залізисті. Лабрадорити з підвищеним вмістом заліза потребують додаткового захисту поверхні або рекомендуються до використання для внутрішнього оздоблення приміщень.

Захист виробів з лабрадориту від можливого проникнення води – найбільш надійний спосіб запобігти руйнуванню кам'яного матеріалу та погіршенню його декоративних властивостей. Він здійснюється за допомогою конструктивних або хімічних заходів. До перших належить застосування лабрадоритових матеріалів з полірованою поверхнею, що забезпечує швидкий стік води, а також таких архітектурно-будівельних рішень, за яких характер поверхні не дозволяє скупчуватися дощовим та сніговим водам.

Способи хімічного захисту полягають в ущільненні поверхні матеріалу шляхом просочування водним розчином речовин, які надалі вступають між собою в хімічну взаємодію – процес аванфлюатування. У ході цього процесу розчинна речовина переходить у нерозчинний стан. Для цього процесу застосовують солі кремнефтористоводневої кислоти.

На першій стадії гірська порода попередньо обробляється розчином хлористого кальцію, а потім, після просушування, розчином соди. Внаслідок реакції в порах лабрадориту утворюється карбонат кальцію:

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$$

На другій стадії матеріал обробляється солями кремнефтористоводневої кислоти за схемою стандартного флюатування:

$$2CaCO_3 + MgSiF_6 = 2CaF_2 + MgF_2 + SiO_2 + 2CO_2$$

Внаслідок реакції в порах каменю та на його поверхні виділяються нерозчинні речовини, що складаються з CaF_2, MgF_2 і SiO_2, які підвищують не тільки міцність і морозостійкість каменю, але і стійкість його до впливу хімічних чинників. Водопоглинання лабрадориту, обробленого хімічним способом, значно знижується.

Для запобігання вивітрюванню облицювальних матеріалів з лабрадориту рекомендується також послідовно просочувати їх рідким склом і хлористим кальцієм, в результаті взаємодії яких у порах каменю утворюються нерозчинні з'єднання силікату кальцію і кремнекислоти, що заповнюють пори поверхні.

Ущільнення поверхні каменю досягається також послідовним просоченням спиртовим розчином калійного мила й оцтовокислого глинозему. У цьому випадку в порах каменю відкладаються глиноземисті солі жирних кислот.

Останнім часом набуває поширення метод ущільнення поверхні виробів з лабрадориту шляхом обробки їх полімерними матеріалами, які характеризуються високими гідрофобними властивостями.

Таким чином, незважаючи на певну вразливість, яку демонструють лабрадорити під час експлуатації в складних умовах сучасного міста, за допомогою досить нескладних методів можна суттєво підвищити стійкість виробів з них. По-перше, при виборі матеріалу для будівництва слід використовувати різновиди лабрадориту зі значною часткою плагіоклазу і невеликим вмістом залізистих мінералів (сульфідів та силікатів заліза). По-друге, слід використовувати такі фактури обробки поверхні, які є найбільш стійкими до вивітрювання, насамперед – поліровану фактуру. По-третє, слід передбачити заходи щодо хімічної обробки поверхонь з метою підвищення їх атмосферостійкості.

Література

1. Архипова М.А., Власов Д.Ю., Франк-Каменецкая О.В. Деструкция мрамора в условиях эксперимента // Минералогия, геммология, искусство. СПб: Изд-во СПбГУ. – 2003. – С. 86–87.

2. Власов Д.Ю. Биогенное разрушение камня в памятниках Санкт-Петербурга // Минералогия, геммология, искусство. СПб: Изд-во СПбГУ. – 2003. – С. 99–101.