

УДК 551.31.2.23

О.Л. ГЕЛЕТА, кандидат геологічних наук

І.А. СЕРГІЄНКО

О.В. ГОРОБЧИШИН

А.М. КІЧНЯЄВ

В.І. ЛЯШОК

А.М. ТКАЛЕНКО

ДГЦУ

Особливості вивітрювання виробів з декоративного каміння у північній та західній частинах України

В статье приведены результаты исследований признаков выветривания памятников и архитектурно-строительных изделий XIX–XXI столетий, изготовленных из украинских декоративных каменных материалов и расположенных в пределах северных и западных областей Украины. Отмечается, что в подавляющем большинстве случаев повреждения каменных отделочных материалов имеют комплексный характер. На ранних стадиях (5–10 лет) преобладают дефекты антропогенного генезиса. На значительных временных отрезках (25–50 лет и более) на первое место выходят дефекты природного происхождения.

The research results on features of weathering process of monuments and architectural and building products of 19–20th centuries produced from Ukrainian decorative stone materials and located within Northern and Western regions of Ukraine are reported in this article. It is noted that the overwhelming majority of damaging cases of stone finishing materials has an integrated nature. At early stages (5–10 years) the defects of anthropogenic genesis are prevailed. In significant time intervals (25–50 years and more) the defects of natural origin have been taking the central stage.

Гірські породи Українського щита, що використовуються у будівництві та архітектурі як декоративне каміння, видобувають вже майже два століття [3]. За цей час в Україні та за її межами з цього декоративного каміння було створено чималу кількість монументальних творів і пам'яток архітектури, які, зважаючи на свій поважний вік, досить часто потребують часткової або повної реставрації.

Під час виконання досліджень щодо особливостей вивітрювання об'єктів, виконаних з вітчизняного декоративного каміння у північних і західних регіонах України, було проведено кваліметричні, інструментальні мікроскопічні та склерометричні дослідження стану збереженості матеріалів типових архітек-

турно-будівельних виробів, у тому числі історико-архітектурних пам'яток, виконаних з декоративного каміння та датованих XIX–XXI століттям, а саме: лабрадоритових, гранітних, мармурових та габрових архітектурно-будівельних і ритуальних виробів 1850–2013 років.

Під час виконання мікроскопічних досліджень встановлено, що за своєю петрографічною характеристикою декоративні елементи архітектурно-будівельних виробів переважно належать до двох комерційних відмін: міцні кристалічні породи («граніти») та м'які кристалічні і прихованокристалічні породи («мармури», «пісковики»). Характер пошкоджень, виявлених під час мікроскопічного дослідження цих гірських порід,

є принципово різним для названих двох груп.

Міцні кристалічні породи (граніти, габро, лабрадорити, базальти, андезити) являють собою складний комплекс силікатних мінералів, які можна розділити на дві значні групи: світлозабарвлені (лейкократові) і темнозабарвлені (меланократові).

Вивітрювання світлозабарвлених мінералів (калієві і натрієві польові шпати, кварц) у досліджених зразках проявлене досить слабо. Ступінь потьмяніння поверхні зерен незначний, на більшості зразків зерна кварцу не зазнали ніяких змін, за винятком елементів гранітної бруківки в м. Кам'янець-Подільський, у якій спостерігається підвищена тріщинуватість зерен кварцу.

Зерна польових шпатів зберігають блиск незалежно від віку виробу, зміна кольору незначна, спостерігається деяке освітлення забарвлення та зрідка по-ява зеленкуватих відтінків.

Вивірювання темнозабарвлених мінералів (олівін, піроксени, амфіболи, слюди) у складі міцних кристалічних порід проявлене значно сильніше, ніж вивірювання світлозабарвлених мінералів. Під час мікроскопічного дослідження спостерігаються численні мікротріщини у товщі цих мінералів, пов'язані з системами спайності. У більшості досліджених зразків спостерігаються втрати матеріалу, які призводять до утворення додаткового мікрорельєфу.

Процеси вивірювання виробів з м'яких гірських порід (мармур, вапняк, пісковик) суттєво відрізняються за характером отриманих пошкоджень від матеріалів з міцних кристалічних порід. Утворення додаткового мікрорельєфу не є типовим, більш поширеним є площинне вивірювання. Внаслідок мікроскопічного дослідження зразків виявлено, що карбонатні мінерали зазнали суттєвого деструктивного впливу, який виражається в руйнуванні поверхні зерен, в частковій або повній втраті блиску, розширенню мікротріщин, пов'язаних з системами спайності в карбонатах. У зразках виробів з пісковика звертає на себе увагу широке розповсюдження процесів руйнування цементу, насамперед глинистого і карбонатно-глинистого. Це призводить до розширення наявних мікропор, викришування зерен кварцу та значної деструкції поверхнього шару виробів.

Для визначення стану збереженості архітектурно-будівельних виробів, у тому числі історико-архітектурних пам'яток, виконаних з декоративного каміння, було застосовано сучасну класифікацію форм вивірювання Фіцнера-Хайнрікса (Fitzner B., Heinrichs K., 2002) [1]. Ця класифікація побудована на встановленні повного комплексу форм вивірювання декоративного каміння та враховує інтенсивність проявів руйнування різного генезису.

За результатами кваліметричної діагностики стану збереженості вищенаведених архітектурних та історичних об'єктів північної і західної частин України, виконаних з декоративного каміння, було встановлено діапазон інтенсивності проявів форм вивірювання у

Таблиця 1. Індекси інтенсивності форм вивірювання у північній і західній частинах України

Форма вивірювання (індекс дефекту)	Інтенсивність
площинне вивірювання (W)	1-3
рельєф (R)	1-2
втрати (O)	1-5
зміна кольору (D)	1-5
забруднення (I)	1-5
рихлі відклади солей (E)	1-5
кірки (C)	1-4
біологічні колонії (B)	1-5
грануляція (G)	1
викришування (P)	1-2
вилущення (F)	1-2
відшарування (S)	1-2
відділення шарів породи по лініях седиментації (X)	1
відділення кірки разом з прилеглим матеріалом (K)	1
щілини, тріщини (L)	1-5
деформації (V)	1-5

балах від 1 до 5, які наведено нижче (табл. 1):

Звертає на себе увагу широке розповсюдження у межах північної частини України комплексних пошкоджень під дією комбінованих навантажень хімічного, механічного та біологічного походження. Одночасна дія декількох руйнівних факторів значної інтенсивності нерідко призводить до руйнації виробів з декоративного каміння або до повної втрати їх декоративності [4].

Під час виконання робіт також було проведено інструментальні мікроскопічні та склерометричні дослідження стану збереженості зразків матеріалів типових архітектурно-будівельних виробів. Для визначення стану збереженості архітектурно-будівельних виробів, у тому числі історико-архітектурних пам'яток, виконаних з декоративного каміння, було застосовано мікроскопічне дослідження поверхні виробів, виконане за допомогою бінокулярного мікроскопа МБС-10. Склерометричні дослідження було проведено за допомогою механічного склерометра торгової марки MATEST.

За результатами нашого дослідження встановлено, що динамічна міцність кристалічних порід силікатного складу залежить від вмісту темноколірних мінералів. Наприклад, для виробів ХХ ст. з лейкократових гранітів динамічна міцність становить 66–68 Н/мм², а для темних меланократових гранітів — 58–60 Н/мм². Динамічна міцність поверхні

виробів ХХ ст. з карбонатних гірських порід залежить від зернистості гірської породи. Для крупнозернистих класичних мармурів динамічна міцність становить 52–58 Н/мм², а для тонкозернистих вапняків – лише 33–39 Н/мм². У деяких зразках початку ХХ ст., виготовлених з тонкозернистих вапняків і пісковиків, спроби виміряти динамічну міцність зазнали невдачі, оскільки зразки руйнувалися під час дослідження, що свідчить про майже повну дезінтеграцію матеріалу таких виробів.

За результатами інструментальної мікроскопічної діагностики стану збереженості поверхні виробів було встановлено, що головним чинником деструктивного впливу на кам'яні декоративні матеріали є складний комплекс факторів одночасної дії фізичних, хімічних і біологічних впливів природного та антропогенного генезису (рис. 1).

У межах північної та західної частин України, зокрема у Житомирській та Київській областях, значного руйнування зазнають мінеральні компоненти зі зниженою фізичною чи хімічною стійкістю (рис. 2). Насамперед до таких мінеральних компонентів належать ланцюжкові і шаруваті силікати, а також карбонатні мінерали, зокрема кальцит. Ці мінеральні компоненти мають низьку фізичну стійкість, пов'язану з наявністю систем досконалої та вельми досконалої спайності, і низьку хімічну стійкість, оскільки вони є солями слабких кислот (силікати і карбонати),



Рисунок 1. Комплексні пошкодження облицювання з граніту та габро (Київ): висоли, графіті, тріщини, зміна кольору

Рисунок 2. Комплексні пошкодження гранітного облицювання басейну (Чернігів): висоли, виділення іржі, селективне руйнування мінеральних компонентів, знебарвлення



що призводить до хімічного руйнування під дією антропогенних сірчистих та азотистих розчинів.

Під час мікроскопічного дослідження зразків, відібраних з поверхні виробів з декоративного каміння, встановлених у північній і західній частинах України, було зафіксовано, що найбільшого руйнування зазнають насамперед нестійкі карбонатні гірські породи. В усіх без винятку зразках карбонатних гірських порід спостерігається руйнування поверхневого шару карбонату шляхом його розчинення чи перетворення на нещільні сульфатні маси. Для дрібнокристалічних пористих вапняків глибина руйнування може досягати 4–5 мм. Крім того, спостерігається забруднення поверхневого шару виробів з карбонатних матеріалів сажистими аморфними частками на глибину до 0,5–1,0 мм, що призводить до потемніння їхньої поверхні.

Для виробів із силікатних гірських порід (граніт, габро, лабрадорит) характерним є руйнування зерен темноколірних мінералів, які знаходяться на поверхні виробів. Особливо цей процес є активним на зернах слюд, що подекуди призводить до їх повної руйнації з утворенням каверн на поверхні виробів. Внаслідок вивітрювання силікатів заліза у поверхневому шарі виробів також накопичуються оксиди тривалентного заліза, що призводить до появи бурих відтінків у забарвленні матеріалу виробів.

Таким чином, за результатами інструментальної лабораторної діагностики зразків поверхні архітектурно-будівельних виробів у межах північної частини України встановлено, що головним джерелом руйнації є підвищений вміст нестійких силікатних чи карбонатних мінеральних фаз у складі декоративних гірських порід.

За результатами обробки даних щодо стану збереженості поверхні виробів, виконаних з декоративного каміння, було встановлено, що у спектральному розподілі інтенсивності проявів дефектності головним чинником деструктивного впливу на кам'яні декоративні матеріали є складний комплекс факторів одночасної дії фізичного, хімічного і біологічного впливу природного та антропогенного генезису.

Природні чинники переважно представлені джерелами хімічного і біологіч-

ного впливу кислих розчинів на нестійкі мінеральні фази у складі силікатних та карбонатних гірських порід.

Найбільшу активність проявляють біогенні чинники представлені хімічною та фізико-механічною дією біогенної плівки на поверхні виробів. Найбільшого руйнування зазнають насамперед нестійкі карбонатні гірські породи. В усіх без винятку зразках карбонатних гірських порід спостерігається руйнування поверхневого шару карбонату шляхом його розчинення чи перетворення на нещільні сульфатні маси, які є субстратом для наступного розвитку біогенних утворень.

Для виробів із силікатних гірських порід (граніт, габро, лабрадорит) характерним є руйнування зерен темноколірних мінералів, які знаходяться на поверхні виробів, під дією кислотних опадів. Особливо цей процес є активним на зернах слюд, що подекуди призводить до їх повної руйнації з утворенням каверн на поверхні виробів. Внаслідок вивітрювання силікатів заліза у поверхневому шарі виробів також накопичуються оксиди тривалентного заліза, що призводить до появи бурих відтінків у забарвленні матеріалу виробів.

Антропогенні чинники є другорядними у сільській місцевості, однак у великих промислових містах, насамперед у Києві, цей тип пошкоджень є переважаючим.

Звертає на себе увагу широке розповсюдження у межах північної частини України забруднення поверхневого шару виробів з декоративного каміння аморфними сажистими матеріалами, що, напевне, пов'язано з антропогенними викидами промислових підприємств та автотранспорту.

Таким чином, у результаті виконання досліджень дефектів гірських порід, які використовують як декоративне каміння на теренах північної та західної частин України, встановлено, що ступінь проявів руйнації поверхні різного генезису суттєво залежить від терміну експлуатації виробів. На початкових (5–10 років) стадіях переважаючими є прояви дефектів антропогенного впливу, насамперед вандалізму, а на значних часових проміжках (25–50 і більше років) головними за своєю інтенсивністю є дефекти природного походження. Сучасні вироби з декоративного каміння 5–10 років, виконані з природних мате-

ріалів вітчизняного чи імпортного походження, переважно несуть на собі сліди дефектоутворення антропогенного генезису з побічним значенням природних факторів впливу.

Використана література

1. *Fitzner B., Heinrichs K.* Damage diagnosis on stone monuments – weathering forms, damage categories and damage indices // Understanding and managing stone decay (Proc. of the Intern. Conf. “Stone weathering atmospheric pollution network (SWAPNET 2001)”. Charles University in Prague) / Prague: The Carolinum Press, 2002. P. 11-56.
2. *Гелета О.Л.* Ринок декоративного каміння України 2001–2002 рр. // Коштовне та декоративне каміння. – 2003. – № 2 (32). – С. 37–42.
3. *Підлісний А.Л.* Декоративний камінь Житомирщини // Вісник Корпорації «Укрбудматеріали». – 2003. – № 4. – С. 34.
4. *Сычев Ю.И.* Патология природного камня. – М.: Полет Камня и Мы, 2009. – 284 с.