

О.Л. ГЕЛЕТА,
кандидат геологічних наук
І.А.СЕРГІЄНКО
ДГЦУ

Дослідження початкових стадій вивітрювання лабрадоритів у виробках та архітектурних пам'ятниках України

Статья посвящена исследованию начальных стадий выветривания поверхности изделий из лабрадорита. Отмечается, что, несмотря на незначительные сроки эксплуатации изделий (2-10 лет), в образцах присутствуют явные следы разрушения силикатов, в первую очередь содержащих железо (оливин, пироксен). Рудные минералы (ильменит) не подвержены существенному разрушению.

The article investigates the initial stages of weathering of the surface of products from labradorite. It is noted that despite the slight period of operation (2-10 years), the samples present clear signs of destruction of silicates, mainly olivine and pyroxene. Ore minerals (ilmenite), no significant damage.

Лабрадорит є одним з найважливіших видів декоративного каміння України, оскільки за обсягами видобування, використання та експорту посідає третє місце після гранітів та габро. Висока декоративність цієї гірської породи, значна міцність та, водночас, відносна легкість в обробці дозволяють виготовляти з лабрадориту широкий спектр різноманітних виробів: плитку для облицювання фасадів та цокольних частин будівель, фігурні архітектурно-будівельні вироби (колони, балясини, кулі), мозаїчні панно, постаменти монументів, елементи для дорожнього будівництва (брущатка, бордюри), ритуальні вироби тощо.

Водночас з розширенням сфери використання лабрадориту на перший план виступає питання оцінки якості та довговічності виробів з нього. Особливо гостро це питання постає в умовах прогресуючого погіршення екологічних умов у сучасних містах, що призводить до підвищення агресивності чинників навколишнього середовища, які діють на вироби з природного каменю та, зокрема, на вироби з лабрадориту. Нерідко на зовнішніх елементах декору, виготовлених з лабрадориту, спостерігаються сліди вивітрювання різної інтенсивності: зміна кольору гірської породи на більш світлий, сірий та зеленкуваті плями, виділення іржі, утворення

дрібних заглибин, тріщин та каверн тощо, що суттєво погіршує декоративні властивості виробів.

Прогнозування стану збереженості виробів за лабрадориту є досить складним питанням через поширені випадки перебування деяких виробів з лабрадориту в агресивних умовах сучасних міст без помітних зовнішніх змін більше сторіччя, водночас інші, візуально дуже подібні різновиди лабрадориту перші ознаки вивітрювання демонструють вже протягом перших 5-10 років. Наприклад, на облицюванні пам'ятного знака Казимира Малевичу, встановленому в Києві в травні 2008 року, перші ознаки вивітрювання (дрібні виділення іржі)

були помітні вже наприкінці 2010 року. Більше того, непоодинокими є випадки, коли на одній і тій самій ділянці облицювання з лабрадориту плити без видимих зовнішніх змін межують із суттєво пошкодженими (рис. на початку статті).

Для визначення характеру початкових змін, пов'язаних з вивітрюванням, співробітниками Державного гемологічного центру України (далі – ДГЦУ) було відібрано зразки елементів облицювання та виробів, виготовлених з лабрадориту різних родовищ України: облицювальна плита зі слідами вивітрювання, виготовлена з лабрадориту Браженського родовища (Житомирська обл.); елементи облицювання пам'ятного знака Казими́ру Малевичу у Києві; елементи предмета інтер'єру, виготовленого з лабрадориту Немирівського родовища (Житомирська обл.). Відібрані зразки було досліджено в лабораторіях Інституту геохімії, мінералогії та рудотворення НАН України (мікроскопічні та рентгенофазові дослідження) та ДГЦУ (макроскопічні дослідження кольористичних і текстурно-структурних особливостей та декоративності зразків лабрадориту).

Облицювальна плита зі слідами вивітрювання з колекції ДГЦУ (лабрадорит Браженського родовища, перебування в закритому приміщенні, термін 10 років).

Для крупних табличчастих кристалів плагіоклазу і поодиноких ксеноморфних кристалів клінопіроксену заміщення вторинними мінералами не типове. Найбільш інтенсивно процеси утворення вторинних мінералів відбуваються по тріщинах у плагіоклазі або між ними. Спостережено інтенсивну серицитизацію та сосюритизацію плагіоклазу. Дрібні тріщини і тріщини спайності плагіоклазу повністю заповнені серицитом, хлоритом і карбонатним мінералом. У міжзернових тріщинах відбувається інтенсивна кристалізація вторинних мінералів, які переважно представлені дрібнозернистим серицитом і більш крупнозернистим кліноцоїзитом, рідше хлоритом. У найбільш крупних тріщинах видно виділення кристалів преніту і кліноцоїзиту, хлориту, карбонатного мінералу. Останній утворює окремі зерна (агрегати), а також може виповнювати тонкі (до 0,1 мм) прожилки в плагіоклазі.

У зернах ортопіроксену неправильної форми (розташований в інтерстиці-

ях між кристалами плагіоклазу) вторинних змін не помічено. Можливо, наявний ще один темноколірний мінерал (ксеноморфної форми розміром до 1,5 мм), який повністю заміщений хлоритом.

Елементи облицювання пам'ятного знака Казими́ру Малевичу в м. Києві, виготовлені з крупнозернистого лабрадориту (родовище не ідентифіковане, перебування на відкритому повітрі, термін 2 роки).

Крупні кристали плагіоклазу не мають значних вторинних змін, лише на окремих ділянках у тріщинах виділяються карбонат або лусочки хлориту. В інтерстиціях кристалів плагіоклазу інколи спостережено більш крупні виділення карбонату. У зернах плагіоклазу зафіксовано велику кількість дрібних (менше 0,1 мм) голчастих антипертитів та мirmekітових вrostків кварцу. Кварц утворює крупні кристали (до 5 мм) неправильної форми, розподіл його по породі нерівномірний.

Темноколірні мінерали (біотит, піроксени), розподілені нерівномірно, нерідко утворюють сегрегації разом з кварцом, апатитом і карбонатом. Зерна піроксенів (1-5 мм) мають переважно неправильну форму із структурами розпаду (на кліно- і ортопіроксен). Клінопіроксен (авгіт) утворює табличчасті кристали зі структурами розпаду, які інколи заміщені карбонатним матеріалом, вторинним амфіболом та хлоритом.

По зернах олівину розвиваються вторинні мінерали групи ідингситу-боулінгіту. Деякі з зерен частково або повністю заміщено карбонатним матеріалом, у меншій мірі хлоритом і вторинною слюдою. Останньою по краях заміщено і крупні луски біотиту. На деяких ділянках, можливо, розвивається вторинний амфібол. На контакті піроксену з плагіоклазом іноді відзначено виділення вторинного біотиту і хлориту.

Також наявні окремі зерна залізистих мінералів, які повністю заміщені хлоритом, серицитом, карбонатом і невеликою кількістю рудного мінералу.

Серед включень у піроксенах інколи помічено призматичні кристали апатиту і неправильної форми агрегати рудного мінералу. Апатит утворює переважно призматичні кристали розміром до 1,5 мм.

Деталь предмета інтер'єру, виготовлена з лабрадориту Немирівського родовища (перебування в закритому приміщенні, термін 8 років).

Крупні табличчасті кристали плагіоклазу не мають слідів вторинних змін. На деяких ділянках цих зерен відзначено незначну карбонатизацію і хлоритизацію.

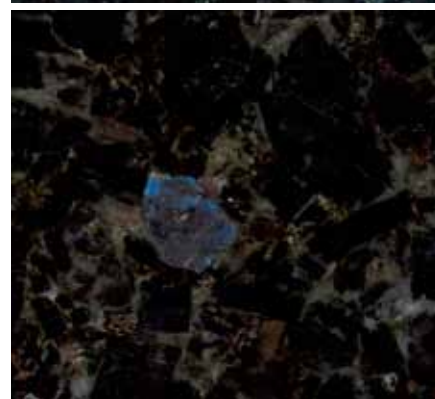
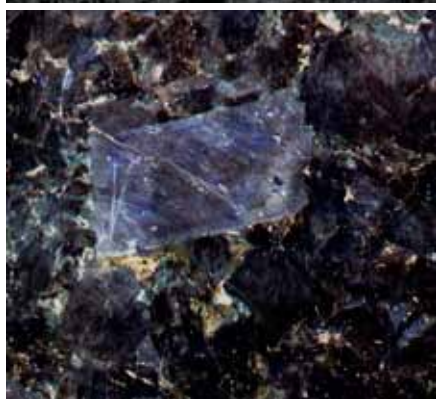
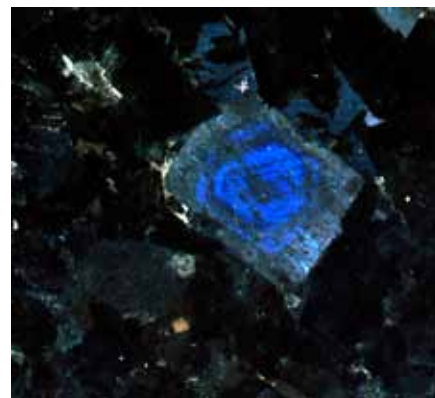
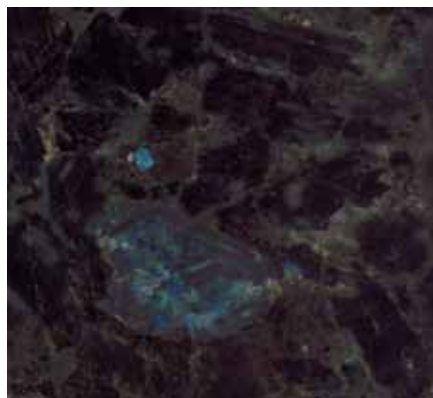
Клінопіроксен (титанистий авгіт) зустрічається як в інтерстиціях (кристали до 1,5 мм), так і у вигляді включень у плагіоклазі (зерна до 0,3 мм). У кристалах клінопіроксену спостережено структури розпаду. Дрібніші кристали клінопіроксену (до 0,5 мм) часто асоціюють з крупними (до 3 мм) кристалами апатиту неправильної форми.

Зерна олівину повністю або частково по краях і тріщинах заміщені вторинними мінералами групи ідингситу-боулінгіту зеленувато-коричневого або буруватого забарвлення часто в асоціації з вторинною слюдою і хлоритом. Серед вторинних продуктів заміщення олівину наявні і дрібні луски недиагностованого мінералу з зеленувато-синім плеохроїзмом, косим погасанням і високим дво-заломленням (можливо, це вторинний амфібол). Місцями навколо крупних кристалів олівину помітна тонка (0,1 мм) облямівка коронарної будови (друзити) з недиагностованого криптозернистого мінералу.

Табличчасті кристали клінопіроксену по краях інтенсивно заміщені карбонатним матеріалом і хлоритом. Навколо включень кристалів олівину в плагіоклазі, повністю заміщених вторинними мінералами, утворюється облямівка з карбонату. Карбонатний мінерал зустрічається у вигляді як окремих зерен, так і їх сегрегацій, навколо яких сконцентрований і кварц. Місцями видно дрібні луски біотиту у зростках з рудним мінералом або олівином.

Деякі ділянки складені переважно карбонатом, кварцом або дрібнозернистим польовим шпатом, в якому виділення плагіоклазу крупніші. Крім того, в інтерстиціях між крупними зернами плагіоклазу відзначено міаролоподібні виділення (до 5 мм), які мають зональну будову: в центрі – кальцит і недиагностований світло-коричневий мінерал (оптично ізотропний, з низьким рельєфом), а по краях – кварц.

З метою точного діагностування наявних фаз було проведено рентгенофазове дослідження проб з цього виробу, виготовленого з лабрадориту Немирівського родовища.



Зразки українських лабрадоритів

Рентгенофазовий аналіз проводився на рентгеновському дифрактометрі ДРОН-3М з двома щілинами Солера з фільтрованим $\text{CuK}\alpha$ -випромінюванням. Зйомку дифрактограм було здійснено в інтервалі кутів подвійного відбиття 2θ у покроковому режимі з експозицією в кожній точці протягом 3 сек. Похибка при визначенні міжплощинних відстаней не перевищує 0,01 ангстрема. Визначення положення дифракційних максимумів було проведено за допомогою графічної програми "ORIGIN 7.5". Якісний фазовий аналіз здійснювався з використанням стандартних порошкових рентгенограм мінералів Міжнародного центру дифракційних даних [5], а також літературних джерел [1-4].

На дифракційних кривих плагіоклазів з лабрадориту Немирівського родовища спостерігаються інтенсивні дифракційні відбиття, типові для лабрадору. В області кутів від 2 до 15° видно слабкі дифракційні відбиття з міжплощинними відстанями 14,4 і 7,08 ангстрема, які пов'язані з наявністю в зразках хлориту, а слабка дифракційна лінія 9,98 ангстрема належить слюдам [2, 3].

На всіх рентгенограмах спостережено високий фон, зумовлений значною кількістю Fe-вмісних мінералів. Дійсно, на рентгенограмі помічено інтенсивні

дифракційні лінії олівину (5,21; 3,77; 3,548; 2,818; 2,622; 2,607; 2,558; 2,491 ангстрема і т. ін.). У плагіоклазі Немирівського родовища виявлений також ільменіт (за наявною слабкою лінією 2,75 ангстрема, найбільш інтенсивною на дифрактограмі еталонного ільменіту).

Методами рентгенофазового аналізу показано, що в зразках як домішки практично завжди присутні хлорит і слюда. З кольорових залізовмісних мінералів достовірно визначені амфібол, ільменіт, олівін і хлорит. Для підтвердження присутності піроксенів і визначення їхнього типу необхідні додаткові дослідження.

У більшості випадків немає можливості достовірно визначити оксидні і/або гідроксидні залізовмісні фази, поява яких зумовлює візуальний ефект "озаліщення" плагіоклазу. Це може бути пов'язане як з їхньою низькою концентрацією в досліджених зразках, так і незначною кристалічністю лімоніту – гідроксидних форм типу FeOOH , знайдених під час цього дослідження лише в деяких зразках. Остання обставина вказує на низькотемпературний режим вивітрювання під впливом екзогенних факторів.

Попередній аналіз результатів дозволяє припустити меншу стійкість до

процесів вивітрювання другорядних залізовмісних силікатних мінералів – олівину і піроксенів у порівнянні з ільменітом. Відповідно, більш стійкими до процесів вивітрювання будуть ті різновиди лабрадориту, які містять найменшу кількість другорядних залізистих силікатів. Наявність рудних мінералів, зокрема ільменіту, не впливає на атмосферостійкість лабрадориту.

Використана література

1. Васильев Е.К., Васильева Н.П. Рентгенографический определитель карбонатов. – Новосибирск: Сибирское отделение "Наука", 1980. – 143 с.
2. Рентгенография основных типов породообразующих минералов (слоистые и каркасные силикаты) / Под ред. В.А. Франк-Каменецкого. – Л.: Недра, 1983. – 359 с.
3. Brindlay G.W. and Brown G. Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification // L., Miner.soc., 1980. – 495 p.
4. Nemecek E.. Clay minerals. – Budapest: Akademiai Kiado, 1981. – 547 p.
5. Powder Diffraction File/ International Centre for Diffraction Data. - Swarthmore, Pennsylvania, U.S.A. – 2000.