УДК 553.527(477)

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

Дослідження та оцінка стійкості до вивітрювання основних типів



Проведено исследование лабрадоритов Украинского щита различной степени выветрелости методами рентгенофазового анализа. Показано, что первыми начинают разрушаться второстепенные железистые силикаты (слюды, амфиболы, пироксен, оливин), в то время как рудные минералы остаются неизменными. Аналогичные разрушения минералов дает обработка лабрадоритов парами азотной кислоты, что позволяет оценить стойкость изделий из лабрадорита к выветриванию при их эксплуатации в условиях современного города. A research on the Ukrainian Shield labradorite of various degrees of weathering by methods of X-ray analysis is carried out. The article demonstrates that first begin to break down accessory ferruginous silicates (mica, amphibole, pyroxene, and olivine), whereas the ore minerals remain invariable. Similar destruction of minerals makes the processing of labradorite with fuming nitric acid, which allows assessing the stability of products from labradorite to weathering in a modern city environment.

абрадорит є одним з найпопулярніших декоративних каменів у світі. Наявність особливого оптичного ефекту – іризації, механічна міцність і водночас добра придатність до обробки роблять лабрадорит цінним об'єктом практичного використання. Таке виняткове положення на ринку декоративного каміння викликає посилену увагу споживачів щодо якісних характеристик цього матеріалу та його споживчих властивостей.

Лабрадорит – магматична гірська порода основного складу з темно-сірим

до майже чорного забарвленням, яка складена на 90–100 % з основного плагіоклазу (лабрадору). Крім того, до складу лабрадориту можуть входити такі мінерали, як піроксен, олівін, апатит, ільменіт, рідше – калієвий польовий шпат, кварц, біотит, сульфіди. Структура лабрадоритів переважно крупно-, гігантозерниста. Текстура масивна. Лабрадорити України входять до складу анортозит-рапаківігранітної формації і поширені в межах Коростенського (Житомирська область) і Корсунь-Новомиргородського (Черкаська і Кіровоградська області) плутонів Українського щита (УЩ). В Україні виявлено майже сорок родовищ лабрадоритів та анортозитів, з них розробляють близько 10–12. У світі найвідомішими є лабрадорити Осниківського, Головинського, Очеретянського, Добринського, Слобідського, Кам'янобрідського родовищ Житомирщини [5].

Лабрадорити займають одне з чільних місць серед нечисленних різновидів особливо цінних сортів декоративного каміння, яке використовують для виготовлення оздоблювальних матеріалів



ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКИ

- атмосферного, антропогенного, біогенного. Кислотні компоненти розчинів безпосередньо впливають на процеси карбонатизації лужних польових шпатів, що призводить до посвітління забарвлення породи в цілому, а разом з киснем швидко руйнують один з основних компонентів лабрадориту - залізисті мінерали. У результаті забарвлення цих мінералів змінюється з чорного на буре, і порода в цілому набуває червонуватого або буруватого відтінків (рис. 1). У середовищі каменеобробників цей процес пов'язують з наявністю в гірських породах «рудних мінералів» або «заліза», а в чинних державних стандартах - з наявністю сульфідів.

Для точного визначення нестійких мінералів, які входять до складу лабрадоритів УЩ, а також продуктів їх вивітрювання, було проведено рентгенофазові дослідження зразків лабрадориту з різних родовищ України та зразків облицювання архітектурних споруд зі слідами вивітрювання. Крім того, досліджено зразки головних родовищ лабрадоритів УЩ після обробки парами азотної кислоти.

Рентгенофазовий аналіз було виконано в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-ЗМ з двома щілинами Солера з фільтрованим CuK₆-випромінюванням. Зйомка дифрактограм здійснювалася в інтервалі кутів подвійного відбиття 2-80° 2 θ у покроковому режимі через 0,05° 20 за нагромадження в кожній точці протягом 3 секунд. Точність визначення міжплощинних відстаней була не гіршою 0,01Å. Визначення положення дифракційних максимумів проводилося за допомогою графічної програми ORIGIN 7.5. Якісний фазовий аналіз здійснювався з використанням стандартних порошкових рентгенограм мінералів, зібраних Міжнародним центром дифракційних даних [1], і літературних джерел [2-4, 7].

Зразки невивітрених лабрадоритів родовищ Невирівське, Васьковицьке та «Пасіка».

На дифракційних кривих спостерігаються інтенсивні дифракційні відбиття, типові для лабрадору. В області кутів від 2 до 15° 2 *θ* видно слабкі дифракційні відбиття з міжплощинними відстанями 14,4 і 7,08 Å, які пов'язані з присутністю в зразках хлориту, а слабка дифракційна лінія 9,98 Å належить

Рисунок 1. Мікрофотографія псевдоморфоз карбонатів та гідроксидів заліза по залізистим силікатам у лабрадоритовому облицюванні Будинку культури ім. Артема (м. Кривий Ріг)

та архітектурно-будівельних виробів. Вони добре піддаються обробці, поліруються до дзеркального блиску, досить стійкі до впливів атмосферних чинників і, найголовніше, вирізняються високими декоративними властивостями, пов'язаними з іризацією - райдужним оптичним ефектом, властивим саме лабрадоритам. Це дозволяє виготовляти з них широкий спектр архітектурнобудівельних виробів: плити окантовані і неокантовані (сляби), модульні плити для облицювання та плити для мостіння, підвіконня і сходинки, брущатку пиляну і колоту, бордюри, ритуальні вироби, фасонні і криволінійні деталі, у тому числі кулі, вази, балясини тощо.

Будь-які кам'яні матеріали під час експлуатації піддаються постійній дії природних та антропогенних чинників. Усі без винятку види природного каміння з плином часу руйнуються: деякі, наприклад, кварцит, за час, який вимірюється тисячами років, інші – за порівняно незначний час експлуатації споруд, причому певні різновиди декоративного каміння встигають зазнати непоправних пошкоджень майже відразу після закінчення будівництва.

Лабрадорит як гірська порода, яка збагачена основними оксидами, досить стійкий до дії лужних та основних розчинів, але не є стійким до дії кислотних розчинів незалежно від їх походження



Рисунок 2. Дифрактограма зразка лабрадоритового облицювання Будинку культури ім. Артема (м. Кривий Ріг). Чітко виділяються лінії карбонатів кальцію та магнію з псевдоморфоз по залізистим силікатам

слюдам [3, 7]. Помічені дифракційні смуги з міжплощинними відстанями 3,55 Å і 3,52 Å по СиК_б-випромінюванню є лініями, яким відповідають найбільш інтенсивні рефлекси лабрадору з міжплощинними відстанями 3,18 та 3,20 Å. Виходячи з інтенсивності дифракційних ліній, приблизний фазовий склад цих зразків: 99–98 мас. % плагіоклазу (лабрадору), 1–2 мас. % хлориту і менше 1 мас. % слюди.

У плагіоклазі Невирівського родовища виявлено ільменіт (за спостережуваною слабкою лінією 2,75 Å, найбільш інтенсивною на дифрактограмі еталонного ільменіту). Приблизний вміст ільменіту в зразку – 2–3 мас. %.

Таким чином, досліджені зразки плагіоклазу без включень темноколірних мінералів з родовищ «Пасіка» і Невирівське є практично чистими лабрадорами, які містять не більше 1–2 мас. % хлориту і слюди у вигляді домішок. Приблизно така сама кількість хлориту і слюди є у візуально чистому плагіоклазі Васьковицького родовища, в якому додатково спостерігаються домішки ільменіту. Лабрадори вивчених родовищ мають практично однаковий склад, що випливає з однакових значень міжплощинних відстаней.

Зразки окисненого лабрадориту з родовища «Пасіка» (кора вивітрювання).

У зразках сильно вивітреного лабрадориту поряд з лабрадором присутні хлорит, слюда і кварц. Кварц ідентифікується за інтенсивними дифракційними лініями з міжплощинними відстанями 3,34 Å і 4,26 Å [3, 7], слюда – за базальним відбиттям 001 і 002–9,99 Å і 4,997 Å, а хлорит – за наявністю на дифрактограмі показників інтенсивного базального відбиття 14,14 Å (001), 7,08 Å (002), 4,708 Å (003) і 3,534– 3,541 Å (005), а також показників відбиття загального типу (2,656; 2,532; 2,40; 2,326 Å і т.д.) [2, 3]. Крім того, у зразках присутній ільменіт (інтенсивна лінія 2,763 Å).

Зразки плагіоклазу без кірок залізнення, як видно з інтенсивності дифракційних ліній хлориту і кварцу, менше хлоритизовані і містять менше кварцу. Також варто зазначити, що у вивчених вивітрених зразках спостерігається зростання інтенсивності дифракційної лінії плагіоклазу з міжплощинною відстанню 6,371 Å, що можливо свідчить про часткову альбітизацію лабрадору.

Псевдоморфози вторинних мінералів по залізистих силікатах (родовище «Пасіка»).

Поряд з частково альбітизованим лабрадором у центральній частині псевдоморфози наявна кристалізація кальциту. На рентгенограмі, крім спостережуваних інтенсивних дифракційних ліній (3,86 Å; 3,03 Å), присутні практично всі показники дифракційного відбиття, характерні для цього мінералу, що вказує на його високий вміст (30 мас. %). Кварц ідентифікується за інтенсивними лініями 4,26 Å і 3,345 Å (~10 мас. %). Спостерігаються також дифракційні лінії преніту (9,26; 5,26; 4,64; 3,48; 3,079; 2,561 Å), найбільш характерні з яких – 3,079 і 2,561 Å – не накладаються на піки інших мінералів. Вміст преніту в центральній частині псевдоморфози ~ 8 мас. %. Також у зразку виявлено мінерал групи епідоткліноцоїзиту, його вміст 2 мас. %. Приблизно в такій самій кількості присутній амфібол. Шаруваті мінерали в досліджуваному зразку представлені хлоритом (14,1; 7,10-7,08; 3,534 Å, що відповідає показникам базального відбиття 001, 002, і 003) і слюдою, чітко ідентифікованою за першими двома показниками базального відбиття 001 і 002, які відповідають міжплощинним відстаням 10,05 і 5,01 Å. Відповідно вміст слюди і кварцу становить близько 7 і 3 мас. %. Більш висока інтенсивність базального відбиття слюди, особливо другого, порівняно із спостережуваним у зразках «свіжого» плагіоклазу пов'язана, очевидно, з кристалізацією вторинної діоктаедричної слюди - серициту.

За винятком амфіболу, якісний фазовий склад периферійної озалізненої частини псевдоморфози аналогічний її центральній частині. Відмінності спостерігаються тільки в кількісному вмісті наявних мінералів. Завдяки більш високому вмісту на дифрактограмі однозначно ідентифікується кліноцоїзит (1-4 мас. %). У периферійній частині в порівнянні з центральною приблизно в 10 разів менше кальциту, в 3 рази менше кварцу, трохи менше преніту (5 мас. %) і слюди (3 мас. %). Вміст хлориту в периферійній частині псевдоморфози приблизно в 4-5 разів вищий, ніж у її центрі. Тут більше амфіболу (4 мас. %). У значній кількості спостерігається ільменіт.

Темноколірні мінерали з незначним залізненням (родовище «Пасіка», забій).

Високий фон на дифрактограмах наведених зразків пов'язаний зі значним вмістом залізовмісних мінералів і слабо розкристалізованого рентгеноаморфного мінералу. Спостережувані на рентгенограмах зразків розмиті дифракційні лінії з максимумами близько 4,40, 2,54 і 1,54 Å належать, імовірно, до гідроксиду заліза – δ -FeOOH (лепідокрокіт) [2]. У цих зразках також наявний кварц (6 мас. %), плагіоклаз (3 мас. %) та ільменіт (4 мас. %), але високий фон ускладнює точне визначення значень міжплощинних відстаней зазначених мінералів.

Плагіоклази з включеннями темноколірних мінералів (Невирівське родовище).

На всіх рентгенограмах спостерігається високий фон, що зумовлено значною кількістю Fe-вмісних мінералів. Дійсно, на рентгенограмі видно інтенсивні дифракційні лінії олівіну (5,21; 3,77; 3,548; 2,818; 2,622; 2,607; 2,558; 2,491 Å і т. ін.), вміст якого становить до 16 мас. %. У незначній кількості (~3 мас. %) присутній ільменіт, оскільки на рентгенограмі наявна лише найбільш інтенсивна лінія (2,755 Å) цього мінералу. Силікати представлені плагіоклазом (50 мас. %), слюдою (5 мас. %) і пренітом (1 мас. %).

Плагіоклази з включеннями темноколірних мінералів (Васьковицьке родовище).

Рентгенограма озалізненого плагіоклазу з включеннями темноколірних мінералів дуже схожа на дифрактограму візуально чистого плагіоклазу. Тут також спостерігаються дифракційні лінії плагіоклазу, хлориту і слюди. У зразку наявний преніт, ідентифікований за дифракційною лінією 3,084 Å. З темноколірних мінералів у зразку присутній амфібол (дифракційні лінії 8,30; 4,13 і 3,084 Å). На дифрактограмі є ряд слабких дифракційних ліній (5,86; 5,64 і 4,49 Å), які не належать ні плагіоклазу, ні амфіболу.

Вивітрений плагіоклаз (родовище «Кам'яна Піч»).

На рентгенограмі зразка плагіоклазу з ознаками вивітрювання без включень спостерігаються інтенсивні дифракційні лінії плагіоклазу. Крім того, присутні слабкі дифракційні лінії з міжплощинною відстанню 8.425 і 7.14 Å. які пов'язані з домішками (менше 1 мас. %) амфіболу і хлориту відповідно. Вміст цих мінералів, як видно з інтенсивності дифракційних ліній, зростає у зразку з включенням чорних і зелених зерен до 5 мас. %. Також проявляється дуже слабке перше базальне відбиття слюди. У деяких зразках у кількості до 2-3 мас. % спостерігається ільменіт, присутність якого реєструється за слабкою дифракційною лінією 2,75 Å, що найбільш інтенсивна на дифрактограмі ільменіту.

До складу темноколірних включень цього зразка входять: хлорит, амфібол, ільменіт і в значно меншій кількості – слюда. Таким чином, методами рентгенофазового аналізу доведено, що в зразках візуально чистих і невивітрених порід лабрадоритових родовищ Житомирської області як домішка практично завжди присутні хлорит і слюда. Основними продуктами сильно вивітрених лабрадорів є хлорити і слюда (серицит).

Дослідження фазового складу псевдоморфоз дозволило встановити первинні продукти гідролізу – преніт, кліноцоїзит і кальцит.

Серед кольорових залізовмісних мінералів достовірно визначені амфібол, ільменіт, олівін і хлорит. Для підтвердження присутності піроксенів і визначення їхнього типу необхідні додаткові дослідження.

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

Виявлена відмінність у мінеральному складі свіжих та вивітрених лабрадоритів дозволяє припустити меншу стійкість до процесів вивітрювання залізовмісних силікатних мінералів – слюд, амфіболів, олівіну і піроксенів у порівнянні з рудним мінералом (ільменітом).

Для моделювання пошкоджень у виробах з лабрадориту, отриманих під дією кислотних опадів, зразки було оброблено парою азотної кислоти за кімнатної температури й атмосферного тиску протягом семи діб у лабораторії ДГЦУ. Внаслідок чого зразки отримали пошкодження, ідентичні пошкодженням від дії кислотних опадів, а саме: руйнацію ксеноморфних залізистих мінералів з утворенням світлих плям на темному тлі породи (рис. 3). Зразки лабрадоритів, оброблених парою азотної кислоти, та контрольні зразки, які не обробляли кислотою, були досліджені за допомогою рентгенофазового аналізу, який було виконано в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України за методикою, наведеною вище.

На рентгенограмах оброблених зразків порід Очеретянського, Кам'янобрідського родовищ та родовища «Кам'яна Піч» домінують інтенсивні дифракційні рефлекси, характерні для лабрадору. Набори міжплощинних відстаней цих зразків близькі, що свідчить про близькість параметрів кристалічних ґраток і відповідно складу лабрадору в цих зразках. Окрім типового набору ліній лабрадору, на рентгенограмах спостерігаються дифракційні смуги з міжплощинними відстанями 3,56 і 3,53 Å по середньому Си Ка-опроміненню. Це *β*-лінії з міжплощинними відстанями 3,21 і 3,19 Å – найбільш інтенсивні дифракційні лінії лабрадору. Крім того, на дифрактограмах присутні слабкі дифракційні рефлекси з міжплощинними відстанями близько 8,5 і 2,09 Å, які свідчать про наявність у складі цих порід у межах 1 мас. % амфіболу та авгіту відповідно.

Унаслідок обробки лабрадоритів, близьких до мономінеральних, парою азотної кислоти зафіксовано повне зникнення авгіту.

На дифрактограмах зразків порід з Гацьківського, Верхньолузького, Букинського, Осниківського і Невирівського родовищ поряд з характерними домінуючими лініями лабрадору спостерігається ряд дифракційних рефлексів середньої та малої інтенсивності (4,27– 4,24; 2,90; 2,81–2,83; 2,75; 2,57–2,58 Å і 14,4; 10,1; 4,24; 3,96; 3,35; 3,32–3,28; 3,24; 3,04 Å), що свідчить про більш складний мінеральний склад цих плагіоклазових порід у порівнянні з описаними вище лабрадоритами.

На рентгенограмі зразка Гацьківського родовища на додаток до інтенсивних ліній лабрадору також можна побачити сильні дифракційні лінії, типові для лужних польових шпатів – 4,24; 3,243; 3,32; 3,31 Å та ін. Їх присутність дозволяє віднести породу не до класичного лабрадориту, а до монцоніту. Аналіз значень цих ліній показує їх близькість до ортоклазу, що дозволяє зробити висновок про наближеність параметрів їх кристалічних граток і відповідно складу. Окрім цього, на рентгенограмі присутні дифракційні рефлекси з міжплощинними відстанями 10,1; 8,50; 4,27 і 3,35 Å, а також чітка дифракційна смуга з міжплощинною відстанню 3,04 Å. Перелічені дифракційні лінії свідчать про наявність у породі слюди (3 мас. %),



Рисунок 3. Зразок лабрадориту Верхолузького родовища після обробки парою азотної кислоти

амфіболу (рогової обманки) (до 10 мас. %), кварцу (5 мас. %), а також кальциту (5 мас. %). Приблизно в рівній кількості (біля 7 мас. %) в породі також присутні піроксен (авгіт) і олівін (фаяліт), їм на рентгенограмі відповідають сильні дифракційні віддзеркалення з міжплощинними відстанями 2,903 і 2,831 Å та ін.

Обробка породи з Гацьківського родовища азотною кислотою призвела до розчинення кальциту. Інші мінерали не зазнали суттєвого впливу від взаємодії з кислотою. Поява дифракційної смуги 2,755 Å, за якою впевнено ідентифіковано домішку ільменіту (до 4 мас. %), скоріше пов'язана з неоднорідністю окремих ділянок породи, ніж з наслідками її обробки кислотою.

На дифрактограмах зразків Верхньолузького родовища спостерігаються інтенсивні дифракційні лінії лабрадору. Наявні дифракційні рефлекси середньої інтенсивності з міжплощинними відстанями 2,903 і 2,578 Å, які належать авгіту (близько 7 мас. %). Дифракційні смуги з міжплощинними відстанями 10,1 і 8,50 Å свідчать відповідно про присутність слюди (5 мас. %) і незначної домішки амфіболу (1 мас. %). Рефлекси 4,27; 3,35 Å належать кварцу (5 мас. %); 2,814; 2,778; 2,706 Å – апатиту (2 мас. %), а 2,751 Å – ільменіту.

Після обробки кислотою на рентгенограмі відсутні лінії апатиту (2,814; 2,778; 2,706 Å) та амфіболу (8,50 Å, рогова обманка). Як видно з падіння інтенсивності рефлексу 10,1 Å, також часткового розчинення зазнала слюда.

На дифрактограмі габро-монцоніту Букинського родовища, окрім інтенсивних дифракційних ліній лабрадору, наявні інтенсивні лінії ортоклазу: 4,25; 3,95; 3,55; 3,324; 3,243 Å і т. ін. Вміст плагіоклазу і ортоклазу в цій породі складає відповідно 50 і 25 мас. %. На дифрактограмі також спостерігаються характерні лінії слюди (10,1 Å), амфіболу (8,50 Å), кварцу (4,26 і 3,35 Å) та ільменіту (2,755 Å), вміст яких складає відповідно 2, 3, 7 і 5 мас. %. Інтенсивні дифракційні лінії 2,908 Å та 2,581 Å свідчать про присутність авгіту до 7 мас. %.

За даними рентгенофазового аналізу, обробка букинського габро-монцоніту азотною кислотою не спричинила зміни мінерального складу породи.

На дифрактограмі породи Федорівського родовища відслідковуються інтенсивні дифракційні лінії лабрадору і ряд рефлексів близько 14,60 Å, 7,22 Å, 10,1 Å, а також 4,27; 3,35 Å, які зумовлені присутністю у дослідженому зразку хлориту (сапоніт) (2 мас. %), слюди (3 мас. %) та кварцу (7 мас. %). Дифракційні лінії 2,908 та 2,570 Å вказують на вміст авгіту (до 7 мас. %). У породі також є апатит (4 мас. %) та ільменіт (3 мас. %), про що свідчить наявність на дифрактограмі слабких ліній 2,788; 2,718 і 2,755 Å відповідно.

Обробка кислотою зразка лабрадориту Федорівського родовища спричинила часткове розчинення апатиту і слюди та повне видалення шаруватого силікату (хлориту).

На дифрактограмах зразків Осниківського родовища виділяються інтенсивні контрастні лінії лабрадору. Присутні інтенсивні дифракційні лінії 3,232 і 4,23 Å на рентгенограмі вказують на достатню кількість у породі лужного польового шпату. У породі також є кварц (5 мас. %), оскільки наявні слабкі рефлекси 4,26 і 3,35 Å. Окрім того, на рентгенограмі видно дифракційні лінії 10,16; 8,42 і 7,20 Å, які свідчать про присутність слюди (3 мас. %), амфіболу (рогова обманка, 1 мас. %) та домішки залізистого хлориту (1 мас. %). У залізистих хлоритах спостерігається зворотне відношення інтенсивності перших двох базальних рефлексів 001 і 002 в порівнянні зі звичайними хлоритами. Внаслідок цього на рентгенограмі зразка відсутнє перше базальне віддзеркалення хлоритового мінералу. У дослідженій породі також є піроксен (авгіт, 7 мас. %) і олівін (фаяліт, 5 мас. %), яким на рентгенограмі відповідають дифракційні лінії 2,908; 2,581 Å і 3,96; 2,823 Å відповідно. Рудний мінерал представлений ільменітом (1 мас. %).

Азотна кислота повністю розчиняє та видаляє хлорит і частково слюду. Оброблена порода також містить менше лужного польового шпату (3 мас. %), про що свідчить відсутність дифракційного віддзеркалення 3,232 Å.

На всіх порошкових рентгенограмах зразків, відібраних на Невирівському родовищі, виділяються інтенсивні контрастні дифракційні лінії, характерні для лабрадору, що підтверджує його породотвірну роль у досліджених породах. На рентгенограмах присутні слабкі дифракційні лінії з міжплощинною відстанню 4,23–4,24 Å, що свідчить про незначний вміст лужного польового шпату (ортоклазу, 1–2 мас. %) на окремих ділянках родовища.

В області малих кутів подвійного відбиття ряду зразків спостерігаються слабкі дифракційні лінії 10,1 і 4,48 Å, типові для мінералів групи слюди, а також дуже слабке дифракційне віддзеркалення 8,50 Å, віднесене до домішок амфіболу (рогової обманки) (< 1 мас. %). На всіх рентгенограмах порід цього родовища також є слабке віддзеркалення 2,75–2,76 Å, що свідчить про постійну присутність ільменіту.

Виявлена на дифрактограмах дифракційна лінія 4,14–4,17 Å пов'язана з домішкою гетиту. Ця лінія зникає після обробки зразка азотною кислотою.

Зареєстрована на багатьох рентгенограмах слабка дифракційна смуга 2,90 Å пов'язана з авгітом або (у разі присутності рефлексів 3,31–3,32 і 2,57– 2,58 Å) піжонітом. Зауважимо, що низька концентрація піроксенів та накладання їх інтенсивних ліній на домінуючі лінії лабрадору заважають надійній ідентифікації піроксенової фази.

Присутність олівіну в габро-лабрадоритах Невирівського родовища визначається за характерними дифракційними рефлексами 3,95 і 2,82 Å. Останнє з них накладається на лінію лабрадору за 2,83 Å. Зі збільшенням вмісту олівіну в породі відношення інтенсивності ліній лабрадору I (2,95 Å) / I (2,82 Å), близьке до 3 для чистого лабрадору, зменшується. Якщо вміст олівіну в породі становить близько 25 мас. %, на рентгенограмі проявляється цілий ряд його дифракційних ліній. За значеннями між-

площинних відстаней олівін Невирівського родовища близький до фаяліту (Mg_{0.26} Fe_{1.74})SiO₄.

На рентгенограмах зразків лабрадориту родовища «Пасіка» зафіксовано високий вміст хлориту (базальні рефлекси 14,25 і 7,109 Å) і кальциту (дифракційні лінії 3,85 і 3,04 Å). Також у зразках відзначаються преніт (дифракційний рефлекс 3,08 Å) і слюда (10 Å). Присутність цих мінералів вказує на високий ступінь вивітреності вивчених порід. У цьому зразку також встановлено наявність кварцу (4,26; 3,34 Å) та ільменіту (слабка дифракційна лінія 2,741 Å).

Обробка зразка азотною кислотою спричинила повну втрату преніту і кальциту, а також часткове розчинення хлориту.

Ларвикіт є різновидом лужного сієніту, який, окрім польових шпатів, містить титан-авгіт, амфібол (баркевикіт) та лепідомелан – різновид біотиту, збагачений Fe³⁺, Fe²⁺. У меншій кількості присутні нефелін, содаліт, канкриніт, олівін, апатит, циркон та рудні мінерали.

Більшість дифракційних ліній на рентгенограмі ларвикіту належить плагіоклазу. До 5 мас. % зразка складають лужні польові шпати (дифракційні лінії близько 4,24 Å). Кварц ідентифікують за дифракційними смугами 4,27 та 3,34 Å. На рентгенограмі присутні інтенсивні базальні рефлекси слюдистого мінералу, вірогідно лепідомелану (10,04; 3,34 Å). Амфібол визначено за інтенсивними дифракційними лініями 8,50; 3,382 Å та ін. Дифракційні віддзеркалення 3,95 і 2,82 Å пов'язані з олівіном, близьким до фаяліту. У зразку також є авгіт, ідентифікований за присутністю дифракційної лінії 2,89 Å, яка у цьому випадку не накладається на смуги інших фаз. Дифракційні рефлекси 2,75 та 2,54 Å належать ільменіту.

Обробка ларвикіту кислотою призвела до часткового розчинення слюди, амфіболу і олівіну і відповідно до суттєвого зменшення їх вмісту в зразку. Можливо, більш виражений у цьому випадку ефект розчинення магнезіальнозалізистих силікатів зумовлений їх підвищеною залізистістю порівняно з іншими вивченими зразками.

Висновки

Внаслідок дослідження зразків невивітрених лабрадоритів, а також зразків, які піддавалися природному вивітрюванню, встановлено, що рудні мінерали, зокрема ільменіт, є більш стійкими до вивітрювання, ніж другорядні залізисті силікати (слюди, амфіболи, піроксени, олівін).

Аналогічні результати було отримано під час аналізу зразків лабрадориту, штучно оброблених парою азотної кислоти: залізисті силікати легше руйнуються у разі обробки, ніж рудні мінерали, оскільки основним наслідком обробки порід кислотою є зменшення кількості магнезіально-залізистих силікатів та повне розчинення апатиту і кальциту.

Отримані дані дозволяють дійти висновку, що явище «іржавіння» лабрадоритів полягає в руйнуванні і окисненні залізистих силікатів, а не рудних мінералів, зокрема ільменіту.

Простий метод визначення атмосферостійкості лабрадоритів шляхом обробки зразків парою азотної кислоти дозволяє оцінювати відносну стійкість до вивітрювання різних торгових марок лабрадоритів у лабораторних та польових умовах.

Література

- Васильев Е.К., Васильева Н.П. Рентгенографический определитель карбонатов. – Новосибирск: Сибирское отделение «Наука», 1980. – 143 с.
- Гелета О.Л. Лабрадорит та його комерційні аналоги // Коштовне та декоративне каміння. – 2003. – № 4 (34). – С. 39-46.
- Рентгенография основных типов породообразующих минералов (слоистые и каркасные силикаты). / Под ред.
 В.А. Франк-Каменецкого. – Л.: Недра, 1983. – 359 с.
- Powder Diffraction File/ International Centre for Diffraction Data. – Swartmore, Pennsilvania, U.S.A. – 2000.
- Brindlay G.W. and Brown G. Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification // L., Miner.soc., 1980. – 495 p.
- Nemecz E. Clay minerals //Budapest: Akademiai Kiado, 1981. – 547 p.