

О.Л. Гелета, кандидат геологічних наук  
Т.А. Ільченко, В.І. Ляшок, І.А. Сергієнко, А.М. Ткаленко

ДГЦУ

В.В. Шунько,

ННІ «Інститут геології» КНУ ім. Т. Шевченка

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ДО ВИВІТРЮВАННЯ ЛАБРАДОРИТІВ З РОДОВИЩ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

*Проведено исследование образцов лабрадоритов Украинского щита методами рентгенофазового анализа. Показано, что при обработке образцов лабрадоритов парами азотной кислоты первыми начинают разрушаться второстепенные железистые силикаты (слюды, амфиболы, пироксен, оливин), в то время как рудные минералы остаются неизменными. Обработка парами азотной кислоты позволяет оценить стойкость изделий из лабрадорита к выветриванию при их эксплуатации в условиях современного города.*

*Reserch of labradorite samples from Ukrainian shield by XRF analysis was carried out. It is shown that during the treatment of labradorite samples with nitric acid vapor, the secondary glandular silicates (mica, amphiboles, pyroxene, olivine) begin to break down, while ore minerals remain unchanged. Treatment with nitric acid vapor allows to evaluate the resistance of products from labradorite to weathering during their exploitation in the conditions of a modern city.*

Українські лабрадорити, як і будь-які кам'яні матеріали, під час експлуатації піддаються неперервній 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.

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

Для моделювання пошкоджень, отриманих виробами з лабрадориту, під дією кислотних опадів, у лабораторії ДГЦУ зразки були оброблені парою азотної кислоти за кімнатної температури і атмосферному тиску протягом семи діб. У результаті обробки парою азотної кислоти зразки отримали пошкодження, ідентичні пошкодженням від дії кислотних опадів, а саме: руйнація ксеноморфних залізистих мінералів з утворенням світлих плям на темному тлі породи. Зразки лабрадоритів, оброблених парою азотної кислоти, та контрольні зразки, які не оброблялися кислотою, були досліджені за допомогою рентгенофазового аналізу, який було виконано в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-3М з двома щілинами Солера з фільтрованим  $K_{\beta}$ -випромінюванням міді. Зйомка дифрактограм здійснювалася в інтервалі кутів подвійного відбиття  $2-80^{\circ} 2\theta$  у покроковому режимі через

$0,05^{\circ} 2\theta$  за накопичення в кожній точці протягом 3 сек. Точність визначення міжплощинних відстаней була не гірше  $0,01 \text{ \AA}$ . 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.

На рентгенограмах оброблених зразків порід Очеретянського, Кам'янобрідського родовищ та родовища Кам'яна Піч домінують інтенсивні дифракційні віддзеркалення, характерні для плагіоклазу – лабрадору. Крім того, на дифрактограмах присутні слабкі дифракційні віддзеркалення з міжплощинними відстанями біля  $8,5$  і  $2,09 \text{ \AA}$ , які свідчать про наявність у складі цих порід у межах 1 мас. % амфіболу та авгіту, відповідно. У разі обробки лабрадоритів, близьких до мономінераль-

них, парою азотної кислоти зафіксовано повне зникнення авгіту.

На дифрактограмах зразків порід з Гацьківського, Верхньолузького, Осниківського та Невирівського родовищ поряд з характерними домінуючими лініями лабрадору спостерігається ряд дифракційних віддзеркалень 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, як порівняти з вищеописаними лабрадоритами.

На рентгенограмі зразка Гацьківського родовища на додаток до інтенсивних ліній лабрадору також спостерігаються сильні дифракційні віддзеркалення, 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 монзоніту. Аналіз значень цих ліній показує їх близькість до ортоклазу, що дозволяє зробити висновок про наближеність параметрів їх кристалічних ґраток і, відповідно, складу. Крім 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. %), амфіболу (рогової обманки до 10 мас. %), кварцу (5 мас. %), а також кальциту (5 мас. %). Приблизно в однаковій кількості (біля 7 мас. %) у породі також присутні піроксен (авгіт) й олівін (фаяліт), їм на рентгенограмі відповідають сильні дифракційні віддзеркалення з міжплощинними відстанями 2,903, 2,831 Å та ін. Обробка породи з Гацьківського родовища азотною кислотою призвела до розчинення кальциту. Інші мінерали не зазнали суттєвого впливу внаслідок взаємодії з 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 (біля 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). Судячи з падіння інтенсивності рефлексу 10,1 Å, також часткового розчинення зазнала слюда.

На дифрактограмах зразків Осниківського родовища виділяються інтенсивні контрастні лінії лабрадору. Присутня на рентгенограмі інтенсивна дифракційна лінія 3,232 Å, а також лінія 4,23 Å вказують на достатню кількість у породі лужного польового шпату. У породі також є кварц (5 мас. %) – віддзеркалення при 4,26 і 3,35 Å. Окрім того, на рентгенограмі видно дифракційні віддзеркалення 10,16, 8,42 і 7,20 Å, які свідчать про присутність, відповідно, слюди (3 мас. %), амфіболу (рогова обманка, 1 мас. %) та домішки залізного хлориту (1 мас. %). У дослідженій породі також є піроксен (авгіт, 7 мас. %) та 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 віддзеркалення, характерні для лабрадору. На рентгенограмах присутні слабкі дифракційні лінії з міжплощинною відстанню 4,23–4,24 Å, що свідчить про незначний вміст (1–2 мас. %) лужного польового шпату (ортоклазу) на окремих ділянках родовища.

В області малих кутів подвійного віддзеркалення 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 є також 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 до-

мішками гетиту. Ця лінія зникає після обробки зразка азотною кислотою.

Присутність олівину в габро-лабрадоритах Невирівського родовища визначається за характерними дифракційними віддзеркаленнями 3,95 і 2,82 Å. Останнє з них накладається на лінію лабрадору 2,83 Å. Зі збільшенням вмісту олівину в породі відношення інтенсивності ліній лабрадору I (2,95 Å) / I' (2,82 Å), для чистого лабрадору близьке до 3, зменшується. Якщо порода містить близько 25 мас. % олівину на рентгенограмі проявляється цілий ряд його дифракційних ліній. За значеннями міжплощинних відстаней олівін Невирівського родовища подібний до фаяліту ( $Mg_{0,26}Fe_{1,74}SiO_4$ ).

На рентгенограмах зразків лабрадориту родовища Пасіка зафіксовано високий вміст хлориту (базальні віддзеркалення 14,25 Å і 7,109 Å) і кальциту (дифракційні лінії 3,85 та 3,04 Å). У зразках відмічаються також преніт (дифракційний рефлекс 3,08 Å) і слюда (10 Å). Присутність цих мінералів вказує на високий ступінь звітнення вивчених порід. У цьому зразку також встановлено присутність кварцу (4,26 Å; 3,34 Å) та ільменіту (слаба дифракційна лінія 2,741 Å). Обробка зразка азотною кислотою спричинила повну втрату преніту і кальциту, а також часткове розчинення хлориту.

Таким чином, під час дослідження зразків незвітраних лабрадоритів, а також зразків, які піддавалися природному вивітрюванню, встановлено, що рудні мінерали, зокрема ільменіт, є більш стійкими до вивітрювання, ніж другорядні залістисті силікати (слюди, амфіболи, піроксени, олівін).

Аналогічні результати були отримані під час аналізу зразків лабрадориту, штучно оброблених парою азотної кислоти: залістисті силікати легше руйнуються у разі обробки, ніж рудні мінерали, оскільки основним наслідком обробки порід кислотою є зменшення кількості магнезійно-залістистих силікатів і повне розчинення апатиту і кальциту. Отримані дані дозволяють зробити висновок, що явище «іржавіння» лабрадоритів полягає в руйнуванні і окисненні залістистих силікатів, а не рудних мінералів, зокрема ільменіту.