

УДК 552.61:549.2

Світлана Ширінбекова<sup>1</sup>, Олександр Андрєєв<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ,  
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142,  
svetlana\_shirinbekova@ukr.net

<sup>2</sup>ННІ “Інститут геології”,

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
вул. Васильківська, 90, Київ, Україна, 03022,  
andreev@univ.kiev.ua

## ОСОБЛИВОСТІ ЗВІТРЮВАННЯ ФОСФІДІВ У РЕЧОВИНІ ЗАЛІЗНОГО МЕТЕОРИТА КААЛІ

Наведено характеристику фосфідів, виявлених у залізному метеориті *Kaali* (IAB). Шрейберзит і його морфологічний різновид рабдит добре збереглися в лімоніті завдяки підвищеній стійкості до хімічного звітрювання. За ступенем збереженості серед зерен фосфідів виділено незмінні зерна, частково звітрені та суцільно заміщені. Наявність структури крихкої деформації у вигляді закономірних тріщин за спайністю та брекчіювання звітрилих зерен фосфідів свідчить про зв'язок між їхнім окисненням за земних умов і структурами ударного метаморфізму в метеоритній речовині.

*Ключові слова:* залізний метеорит, шрейберзит, рабдит, хімічне звітрювання, структури крихкої деформації.

Речовина залізного метеорита *Kaali* (IAB) зазнала значних структурно-мінералогічних змін під час тривалого звітрювання у природно-кліматичному середовищі острова Сааремаа, Естонія [1, 2, 5, 6]. Лімонітизація здебільшого поширилась у матриці камаситу ( $\alpha$ -Fe,Ni), менше – на ділянках плеситу в зональних пластинках теніту ( $\gamma$ -Fe,Ni) [7]. Водночас зерна фосфідів – шрейберзиту (Fe,Ni)<sub>3</sub>P та його морфологічного різновиду рабдиту – добре збереглися в лімоніті завдяки підвищеній стійкості до хімічного звітрювання [5]. Включення фосфідів значно менш окиснені, порівняно з камаситом, поодинокі тріщинуваті зерна шрейберзиту чітко виділені на тлі гідроксидів заліза в ударно-метаморфізованих взірцях [4].

Серед зерен фосфідів у речовині дослідженого метеоритного взірця за ступенем збереженості виділено три групи: незмінні зерна, частково звітрені та суцільно заміщені. До незмінених належить більшість ідіоморфних зерен рабдиту розміром одиниці–перші десятки мікрометрів з поширеною чотирикутною і малопоширеною трикутною формою перерізу, а також видовжені пластинки й ниткоподібні кристали завдовжки десятки–сотні мікрометрів. Незмінні зерна фосфідів містяться серед неокисненого нікелістого заліза, на межі з локальними звітряними ділянками звивистої форми у матриці камаситу, у великій центральній звітрільй ділянці взірця. Подекуди вони виглядають контрастніше на тлі дисперсних і плямистих корозійних продуктів, а завдяки значній твердості

бувають чітко окреслені серед нікелістого заліза. Незмінені зерна фосфідів містять у середньому (дев'ять аналізів, у дужках – межі вмісту), мас. %: Fe – 41,0 (37,6–43,7); Ni – 45,0 (40,2–50,4); P – 13,3 (11,6–14,5); аналітична сума – 99,4 (97,3–101,5).

Декілька частково звітрілих, тріщинуватих та брекчійованих зерен рабдиту і шрейберзиту пов'язано з локальними периферійними заміщеними ділянками у взірці та великою центральною. Пластинка рабдиту зазнала обмеженої корозії на перетині з локальною плямою лімоніту в матриці камаситу. В агрегаті пластинки теніту із зернами погранично-зернистого шрейберзиту наявні обидві мінеральні фази, слабо окиснені на межі зі звітрілою матрицею камаситу.

Рідкісні включення суцільно заміщених зерен рабдиту відшукали в центральній звітрій ділянці. Поодинокі псевдоморфози лімоніту по рабдиту виявлено серед неокисненого  $\alpha$ -(Fe,Ni)-металу. Середній (за двома аналізами) хімічний склад псевдоморфози лімоніту такий, мас. %: Fe – 44,2; Ni – 3,35; P – 3,50; Co – 0,27; Cu – 0,06; Ca – 1,30; Si – 0,44; Ti – 0,12; Al – 0,09; Mg – 0,09; Na – 0,11; K – 0,03; Cl – 0,03; S – 0,02; сума – 53,50.

З'ясовано, що протягом звітрювання метеоритної речовини відбувалася міграція хімічних елементів: з фосфідів виносилися Fe, Ni, P, натомість привносилися Ca та Si з навколишнього середовища (скельного ґрунту), у якому протягом кількох тисячоліть [3] перебував взірець метеорита *Каалі*. Про міграцію елементів в інших звітрілих взірцях цього метеорита повідомляли попередні дослідники [6].

Отже, у звітрілому взірці октаедриту *Каалі* більшість зерен фосфідів збереглася добре. Наявність структури крихкої деформації у вигляді закономірних тріщин за спайністю та брекчійовання звітрілих зерен фосфідів свідчить про зв'язок між їхнім окисненням за земних умов і структурами ударного метаморфізму в метеоритній речовині.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аалоз А. О. Новые данные о метеоритных кратерах на острове Сааремаа / А. О. Аалоз // Метеоритика. – 1958. – Вып. 16. – С. 108–114.
2. Вторичные минералы и структуры железных осколков метеорита Каали / И. А. Юдин, В. Н. Логинов, В. Г. Гмыра и др. // Астроном. вестн. – 1982. – Т. 16, вып. 4. – С. 231–237.
3. Моора Т. Х. Новые данные о строении и возрасте Каалиских метеоритных кратеров (о-в Сааремаа, Эстония) / Т. Х. Моора, А. В. Раукас // Геоморфология. – 2012. – № 3. – С. 93–103.
4. Семенов В. П. Признаки ударного метаморфизма в метеорите Каали / В. П. Семенов, Л. Г. Самойлович, И. С. Козлов // Метеоритика. – 1982. – Вып. 41. – С. 96–100.
5. Юдин И. А. К минералогии метеорита Каали / И. А. Юдин // Метеоритика. – 1968. – Вып. 28. – С. 44–50.
6. Юдин И. А. Минералогия метеоритов / И. А. Юдин, В. Д. Коломенский. – Свердловск : Урал. НЦ АН СССР, 1987. – 200 с.
7. Buchwald V. F. Handbook of Iron Meteorites / V. F. Buchwald. – California : Univ. of California Press, 1975. – Vol. 2. – P. 704–707.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018  
прийнята до друку 06.08.2018

**Svitlana Shyrinbekova<sup>1</sup>, Oleksandr Andrieiev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation  
of NAS of Ukraine,  
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,  
svetlana\_shirinbekova@ukr.net*

<sup>2</sup>*Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv,  
90, Vasylykivska St., Kyiv, Ukraine, 03022,  
andreev@univ.kiev.ua*

### **FEATURES OF WEATHERING OF PHOSPHIDES IN IRON METEORITE KAALI**

The characteristic of phosphides found in *Kaali* iron meteorite (IAB) is given. Schreiberzite and its morphological variety rhabdite are well preserved in limonite due to increased resistance to chemical weathering. By the degree of preservation, we distinguished among phosphide grains (1) the unaltered ones, (2) partially weathered and (3) completely replaced. The presence of a structure of brittle deformation in the form of natural fractures by cleavage as well as brecciation of weathered phosphide grains indicates the connection between their oxidation under earth conditions and structures of shock metamorphism in meteoritic matter.

*Key words:* iron meteorite, schreiberzite, rhabdite, chemical weathering, structures of brittle deformation.