

УДК 523.681

МОРФОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КРИСТАЛІВ РАБДИТУ В ПАЛАСИТІ *ОМОЛОН*

Т. Горovenко

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України,
просп. акад. Палладіна, 34, 03680 м. Київ-142, Україна
E-mail: cosmin@i.ua*

Наведено результати енергодисперсійних та електронно-мікроскопічних досліджень морфології й хімічного складу фосфідів у глибоко протравленому Fe,Ni-металі паласиту *Омолон*. Отримані дані свідчать про домінування ідіоморфних кристалів та однорідність хімічного складу в межах кристалів, що є доказом їхнього гомогенного зародження за рівноважних умов.

Ключові слова: метеорит, паласит, нікелісте залізо, фосфіди, шрейберзит, рабдит, глибоке травлення.

Паласит *Омолон* класифікують як представника головної, тобто найпоширенішої групи залізо-кам'яних метеоритів – паласитів. Згідно зі структурно-мінералогічними характеристиками, у ньому наявні, головно, олівін і нікелісте залізо (камасит, теніт, плесит), меншою мірою – троїліт, хроміт, фосфіди заліза, поодинокі зерна стенфілдиту, Са-піроксену, самородної міді, гаксоніту і графіту [1, 3, 8]. У праці вперше наведено результати енергодисперсійних та електронно-мікроскопічних досліджень морфології й хімічного складу кристалів фосфідів у глибоко протравленому металі паласиту *Омолон*. Раніше подібні дослідження проводили переважно в залізних метеоритах [4, 5, 9, 10].

Fe,Ni-фосфіди. Під час повільного охолодження материнських тіл метеоритів у космосі нижче температури кристалізації металу залізо-нікелева фаза зазнає низки твердофазових перетворень, що супроводжуються очищенням металу від елементів-домішок і, відповідно, кристалізацією другорядних та акцесорних мінералів, зокрема, фосфідів, хроміту, ільменіту, фосфатів і самородної міді. За даними R. Clarke [18], саме твердофазова дифузія є відповідальною за поетапне формування масивного шрейберзиту, рабдиту, погранично-зернистого шрейберзиту й мікрорабдиту в Fe,Ni-фазі залізних і залізо-кам'яних метеоритів, що зумовлено фазовими перетвореннями нікелістого заліза метеоритів за температури від 850 до 400 °С. За характером розподілу в Fe,Ni-металі, розміром, морфологією та хімічним складом розрізняють чотири морфотипи фосфідів:

масивний шрейберзит – зерна розміром до декількох сантиметрів, які утворилися в ході охолодження перенасиченого фосфором камаситу за температури ≥ 850 °С;

рабдит – дрібні (< 50 мкм) кристали (Fe,Ni)₃P, які є результатом твердофазової кристалізації за умов охолодження (≤ 600 °С) у місцях локального перенасичення камаситу фосфором;

погранично-зернистий шрейберзит – облямівки на межі камаситу й теніту, які послідовно утворюються за температури близько 500 °С;

мікрорабдит – дисперсні огранені кристали розміром ≤ 5 мкм, які гомогенно зароджуються в перенасиченому фосфором твердому розчині нікелістого заліза за температури ≤ 400 °C [10, 18].

Фосфід заліза та нікелю – це непрозорий мінерал олов'яно-білого кольору з металевим блиском; Fe,Ni-фосфід є твердим і крихким магнітним мінералом, який не піддається травленню металографічними реактивами [14, 15].

Залізнікелеві фосфіди трапляються, головню, у залізних та залізо-кам'яних метеоритах, менше – у нікелістому залізі хондритів і ахондритів. Утворення фосфідів потребує сильно відновних умов, що, згідно з мінералогічними даними, відповідає умовам формування енстатитових і більшості залізних метеоритів [16].

Шрейберзит утворює зерна, жовна, облямівки, для яких характерні тріщинуватість та викришування уламків по площинах спайності. Теоретичний хімічний склад $(\text{Fe,Ni})_3\text{P}$ такий, мас. %: 55,4 Fe; 29,1 Ni; 15,4 P [15].

Рабдит, маючи, як і шрейберзит, тетрагональну сингонію, на відміну від шрейберзиту утворює дрібні голчасті кристали, поперечний розріз яких у полірованих шліфах має форму квадрата, ромба чи паралелограма. Від шрейберзиту рабдит також відрізняється підвищеним вмістом нікелю.

Баринджерит $(\text{Fe,Ni})_2\text{P}$ має гексагональну будову та підвищений вміст фосфору. Його знайдено у нікелістому залізі паласиту *Ollague* (PMG) у вигляді дрібних зерен у зростках з троїлітом і шрейберзитом, а також у вигляді тонких прожилків [17].

Попередні SEM-дослідження паласиту *Омолон* (PMG) свідчать про наявність у ньому Fe-Ni-фосфідів, особливо на міжфазових межах камаситу з іншими мінералами. Тобто специфіка мінерального складу й будови паласитів, які, на відміну від залізних метеоритів, є фактично двофазовими – метал-олівіновими – утвореннями і мають, відповідно, значну площу міжфазових меж, дає змогу провести детальні електронно-мікроскопічні дослідження особливостей будови й хімічного складу зерен фосфідів не тільки в полірованих шліфах, а й на поетапно протравлених ділянках металу по міжфазових межах.

Морфологічні особливості рабдиту вивчали на глибоко протравлених поверхнях фрагментів металічного каркаса паласиту *Омолон*, які були відокремлені від взірця за допомогою пінцета. Досліджено шість фрагментів металу розміром від 500×250 мкм до $9,0 \times 2,8$ мм. З найбільшого взірця виготовлено аншліф. Поверхню металевих фрагментів попередньо вивчали за допомогою біокуляра та електронного мікроскопа з визначенням хімічного складу мінералів. Потім фрагменти занурювали для глибокого травлення в 10 % нітал (розчин HNO_3 у спирті) на 45 хв за $T = 18$ °C. Після травлення фрагменти металу промивали дистильованою водою, спиртом і наклеювали на столики для електронно-мікроскопічних досліджень. Кристали рабдиту досліджували безпосередньо на протравлених ділянках металу, а також як окремі зерна, що їх знайдено в ніталі після травлення паласиту.

Дослідження морфологічних особливостей та хімічного складу фосфідів паласиту *Омолон* проведено за допомогою сканувального електронного мікроскопа (SEM) марки JEOL JSM-6490LV, обладнаного енергодисперсійним спектрометром Penta FETx3 Oxford Instruments.

Структурно-мінералогічна характеристика нікелістого заліза. Відібрані взірці нікелістого заліза складені камаситом, який має однорідний хімічний склад як у межах кожного взірця, так і загалом. Середній хімічний склад дослідженого камаситу (44 точки) відповідає 92,2 мас. % Fe, 6,71 Ni, 1,03 Co, 0,04 мас. % Cr.

Теніт знайдено лише у вигляді порівняно великого ($1,23 \times 0,55$ мм) зерна, яке в попечечному розрізі має форму паралелограма та зональну будову з чіткими межами (рис. 1). Після травлення у зерні видно п'ять зон. Серцевина зерна (зона 1) у формі паралелограма розміром $1,6 \times 0,6$ мм складена плеситом голчастої (мартенситової) структури, який уміщує 51,9–55,5 мас. % Ni. Голочки плеситу мають різну орієнтацію. Серцевина оточена широкою смугою темного теніту (зона 2) завтовшки близько 50 мкм з умістом Ni від 20,7 до 36,3 мас. %. На периферії зерна простежуються дві світлі смуги теніту – внутрішня (зона 3) та зовнішня (зона 5), які розділені темною смугою тонкоструктурного плеситу (зона 4) з умістом Ni від 45,3 до 48,6 мас. %. Внутрішня смуга теніту (зона 3) вміщує Ni від 20,4 до 26,5, зовнішня (зона 5) – 50,3–50,7 мас. %.

Згідно з експериментальними даними, зональність теніту виникає у зв'язку з ускладненням дифузії в теніті за температури нижче 500 °C та з подальшим припиненням перерозподілу елементів в інтервалі температури 350–450 °C [7, 19].

По периферії зерна теніту, у верхній правій його частині (див. рис. 1), зафіксовано подовжене зерно шрейберзиту. Після травлення видно, що шрейберзит – це пластинка, розташована вздовж міжфазової межі зерна теніту й камаситу. Згідно з енергодисперсійними даними, зерно шрейберзиту містить, мас. %: Ni – 49,2–49,9, Fe – 33,2–33,8, P – 17,3–17,4, Co \leq 0,27. Також на зламі аншлифа в камаситі знайдено уламок зерна шрейберзиту розміром $1\ 500 \times 300$ мкм з гранями та сходинками росту на них, що свідчить про його формування за умов повільного охолодження, однак дещо нерівноважного росту.

Дослідження металу засвідчило, що травлення нікелістого заліза відбувається нерівномірно. Глибше травлення зафіксоване по міжфазових межах, а також по площинах і тріщинах спайності кристалів камаситу й навколо кристалів рабдиту. Це можна пояснити збідненням камаситу нікелем у зв'язку з ростом кристалів рабдиту та/або з легшим травленням камаситу по межах мінералів [4, 7, 9]. На деяких ділянках нікелістого заліза після глибокого травлення виявлено тетрагональні й округло-тетрагональні комірочки, які свідчать про полікристалічну структуру камаситу, монокристали якого мають розмір від 3 до 30 мкм (рис. 2). Ступінь травлення монокристалів камаситу неоднаковий, що зумовлено їхньою різною кристалографічною орієнтацією [12], а також неоднорідним розподілом нікелю та наявністю деформацій [9].

Глибоке травлення засвідчило наявність кристалів рабдиту як на міжфазових межах, так і всередині монокристалів камаситу (див. рис. 2). Кристали рабдиту розташовані в нікелістому залізі майже рівномірно, за винятком ділянок камаситу, які оточують масивні зерна шрейберзиту. У таких ділянках кристалів рабдиту майже не виявлено, що можна пояснити збідненням цих ділянок нікелем і фосфором завдяки утворенню масивного шрейберзиту.

У ході дослідження фосфідів у нікелістому залізі паласиту *Омолон* знайдено кристали рабдиту розміром від 200×20 до $0,3 \times 0,2$ мкм, які за морфологічними характеристиками можна розділити на декілька груп: призматичні (стовпчасті), дощаті, голко- та ниткоподібні. Найчастіше трапляються призматичні кристали (рис. 3, 4), форма яких свідчить про їхнє гомогенне зародження за рівноважних умов. Досить часто фіксують дощаті кристали рабдиту (рис. 5), товщина яких на один–два порядки менша, ніж довжина та субпаралельні системи таких кристалів (рис. 6). Менше трапляються голко- (рис. 7) та ниткоподібні кристали (рис. 8). До цікавих знахідок також належать зростки кристалів рабдиту (рис. 9, 10).

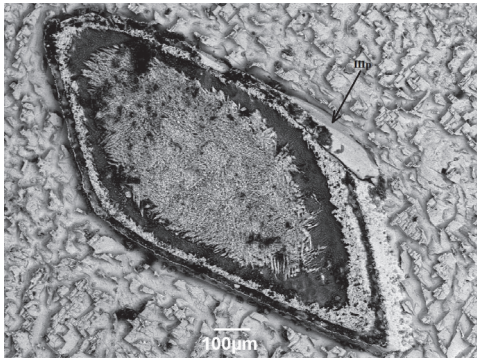


Рис. 1. Зерно теніту зональної будови в протравленому камаситі. Серцевина зерна складена плеситом голчастої (мартенситової) структури. Уздовж міжфазової межі теніту й камаситу розташована пластинка шрейберзиту (позначено стрілкою). Паласит *Омолон*; СЕМ-знімок у відбитих електронах.

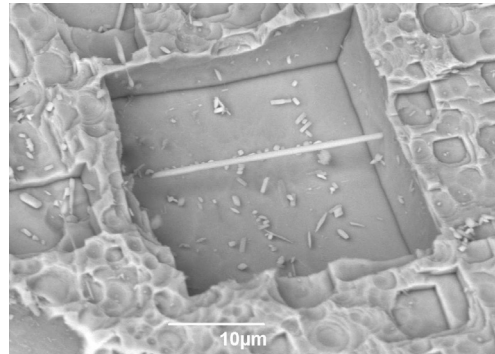


Рис. 2. Голчастий кристал рабдиту, який перетинає тетрагональну комірку глибоко протравленого монокристала камаситу. Тут і нижче паласит *Омолон*; СЕМ-знімок у відбитих електронах.

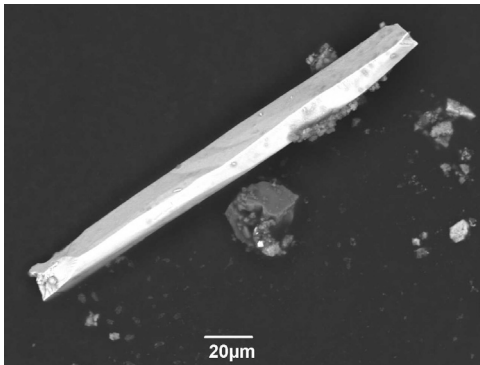


Рис. 3. Призматичний кристал рабдиту завдовжки 200 мкм, знайдений у ніталі після глибокого травлення паласиту *Омолон*.

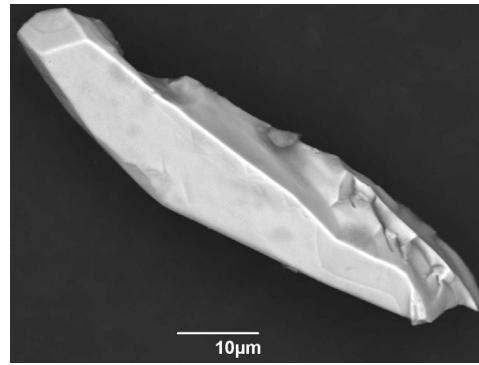


Рис. 4. Злегка вигнутий кристал рабдиту, знайдений у ніталі після глибокого травлення паласиту *Омолон*.

Деякі з кристалів рабдиту містять ознаки крихких, пластичних деформацій, а також повторного нагрівання, які виникли внаслідок ударного метаморфізму. Крихкі деформації представлені тріщинами спайності (рис. 11). Такі тріщини розташовані впоперек видовжених призматичних кристалів і ділять їх на окремі блоки, які в багатьох випадках зміщені один щодо одного.

Пластичні деформації простежуються у вигляді дугоподібно вигнутих кристалів або загнутих кінчиків. Також трапляються ниткоподібні кристали з потовщеними округлими вершинами (рис. 12), що є ознакою локального повторного нагрівання вже сформованого кристала рабдиту.

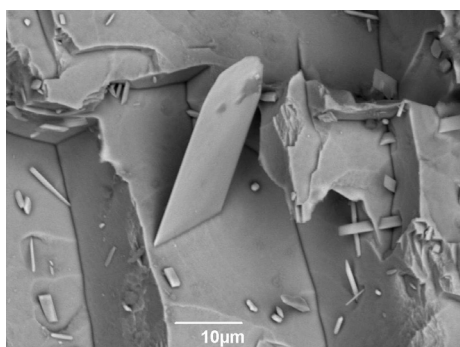


Рис. 5. Великий заокруглений дощатий кристал рабдиту і його дрібні кристали в глибоко протравленому камаситі.

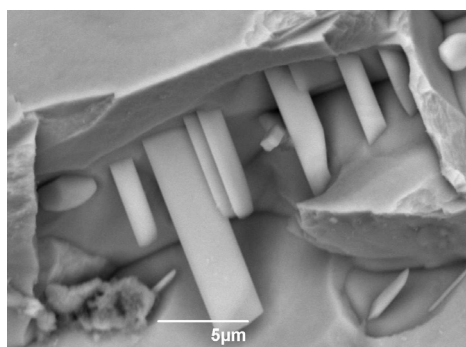


Рис. 6. Система субпаралельних дощатих кристалів рабдиту в глибоко протравленому камаситі.

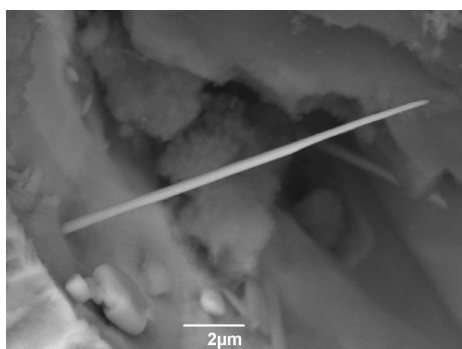


Рис. 7. Голкоподібний кристал рабдиту в глибоко протравленому камаситі.

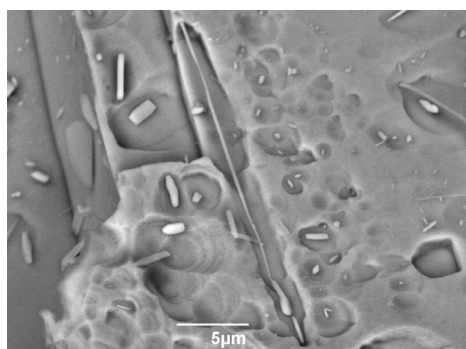


Рис. 8. Ниткоподібний і призматичні кристали рабдиту в глибоко протравленому камаситі.

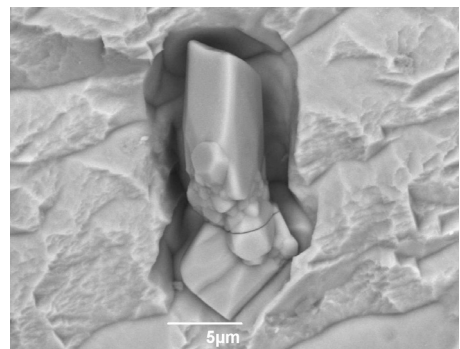


Рис. 9. Колінчастий зросток кристалів рабдиту в глибоко протравленому камаситі.

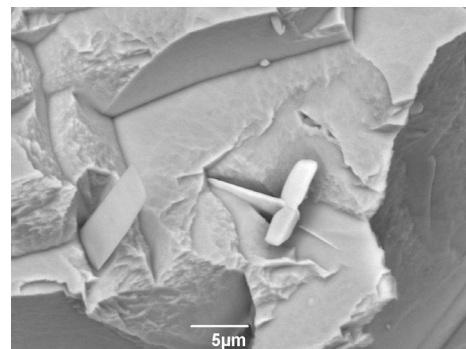


Рис. 10. Зросток дощатих кристалів рабдиту в глибоко протравленому камаситі.

Індивіди мікрорабдиту представлені голчастими кристалами, а також тетрагональними призмами з площинами [001] та пірамідальними вершинами. Трапляються призматичні кристали мікрорабдиту зі співвідношенням сторін 1,0:1,5. Заокруглені кути таких кристалів можуть свідчити про їхнє повторне нагрівання.

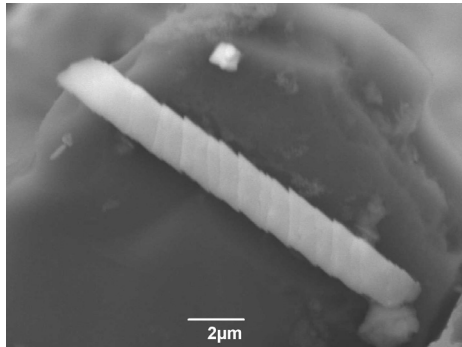


Рис. 11. Кристал рабдиту з тріщинами спайності та зміщеними блоками в глибоко протравленому камаситі.

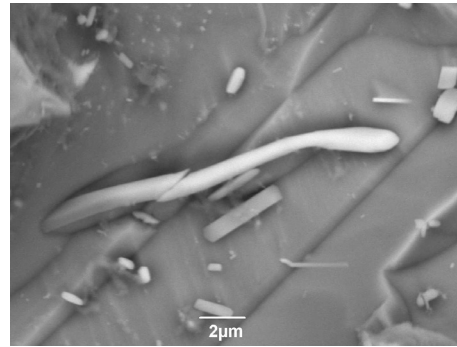


Рис. 12. Ниткоподібний кристал рабдиту з округлою вершиною й ознаками пластичної та крихкої деформації в оточенні дрібних кристалів рабдиту в глибоко протравленому камаситі.

За морфологічними характеристиками кристали рабдиту й мікрорабдиту подібні до фосфідів у залізних метеоритах *Сіхоте-Алінь* та *Мар'їнка* [4, 7, 9, 10]. Зазначимо, що в паласиті *Омолон* не виявлено ксеноморфних кристалів і структур розпаду рабдиту, а також підвищення вмісту Ni та P у вмісному камаситі, що свідчить про температуру нагрівання нижче 600 °С. Згідно з експериментальними даними, нагрівання фосфідів вище температури кристалізації зумовлює їхній частковий розпад, а подальше швидке охолодження – нерівномірний розподіл Ni та P в навколишньому камаситі [7, 10, 11].

Хімічний склад кристалів рабдиту в паласиті *Омолон*. Травлення металу дало змогу виділити кристали рабдиту й мікрорабдиту для вивчення їхньої морфології та варіацій хімічного складу. Результати проведених досліджень свідчать про домінування ідіоморфних кристалів, а це доводить їхнє гомогенне зародження за рівноважних умов.

Згідно з даними енергодисперсійних досліджень, вміст Ni в шрейберзиті коливається в межах 20,9–53,1 мас. %, а в рабдиті – 33,1–64,7 мас. % (див. таблицю). Отже, середній вміст нікелю в фосфідах паласиту *Омолон* виявився вищим, ніж у фосфідах залізних метеоритів *Сіхоте-Алінь* та *Мар'їнка* [4, 5, 7, 9, 10].

Високий вміст нікелю в Fe,Ni-фосфідах раніше фіксували в шрейберзиті паласиту *Брагін* (PMG) (Ni ≤ 56,1 мас. %) [2] та високонікелевого залізного метеорита *Oktibbeha County* (IAB-ung) (Ni ≤ 65,1 мас. %) [20], а також у рабдиті хондрита *Dhofar 225* (CM2) (Ni ≤ 58,5 мас. %) [13]; Fe,Ni-фосфіди з вмістом Ni > 43,4 мас. %, тобто з переважанням вмісту Ni над Fe, окремі автори [6, 16] називають нікелевим аналогом шрейберзиту, або нікельфосфідом.

В окремих випадках зафіксовано підвищений вміст фосфору – до 21,7 мас. % у рабдиті й до 22,9 мас. % у шрейберзиті, що наближає їх за хімічним складом до баринджериту, однак, не маючи структурно-мінералогічних даних, з'ясувати їхню належність до цього рідкісного фосфіду неможливо. Підвищений вміст фосфору – до 21,8 мас. % – раніше визначили для шрейберзиту в металі паласиту *Омолон* [3].

Отже, електронно-мікроскопічне та енергодисперсійне вивчення кристалів рабдиту, виділених завдяки глибокому травленню нікелістого заліза в паласиті *Омолон*, дає підстави для таких висновків.

Хімічний склад шрейберзиту і рабдиту
в паласиті *Омолон* за даними енергодисперсійних досліджень, мас. %

Компонент	Шрейберзит ($n = 19$)		Рабдит ($n = 24$)	
	межі коливань	середнє ($N = 63$)	межі коливань	середнє ($N = 33$)
Fe	28,60–58,00	43,80	17,00–48,30	33,00
Co	Н. в.–2,48	0,31	Н. в.–0,66	0,22
Ni	20,90–53,10	38,50	33,10–64,70	49,30
P	11,10–22,90	17,30	11,80–21,70	17,50
Сума		100,00		100,00

П р и м і т к и: n – кількість досліджених зерен; N – кількість аналізів; Н. в. – не визначено.

Більшість кристалів рабдиту представлена призматичними й дощатими кристалами. Наявність кристалічних граней свідчить про гомогенне зародження кристалів рабдиту за рівноважних умов, що підтверджено однорідністю хімічного складу в межах кристалів. Трапляються субпаралельні системи та зростки кристалів рабдиту, менше – голко- й ниткоподібні кристали.

Деякі кристали рабдиту мають ознаки крихких, пластичних деформацій та нагрівання (тріщини спайності, вигнуті кристали, потовщені й округлі вершини кристалів), які утворилися внаслідок ударного метаморфізму. Морфологічні особливості окремих кристалів рабдиту свідчать про часткове повторне нагрівання вже сформованих кристалів до 400–450 °С та порівняно швидке вистигання після ударного нагрівання, а відсутність ксеноморфних кристалів і структур розпаду рабдиту, які утворюються в разі повторного нагрівання до $T = 600$ °С, виключає інтенсивні ударно-метаморфічні процеси в материнському тілі паласиту після його вистигання.

Фосфіди в паласиті *Омолон* подібні до фосфідів у залізних метеоритах *Sixote-Алінь* та *Мар'їнка* за морфологічними характеристиками, проте вони мають дещо вищий середній вміст Ni, який коливається в шрейберзиті в межах 20,9–53,1 мас. %, а в рабдиті – 33,1–64,7 мас. %, що свідчить про геохімічну специфіку умов утворення фосфідів, а саме – локальне прискорення дифузії нікелю під час формування шрейберзиту й рабдиту в нікелістому залізі. У деяких кристалах рабдиту зафіксовано підвищений вміст фосфору – до 21,7 мас. %, а в шрейберзиті – до 22,9 мас. %, тобто хімічний склад близький до баринджериту.

Автор щиро вдячна В. Семененко за обговорення результатів дослідження й цінні поради в ході написання статті, Т. Коромисліченко за допомогу в травленні взірців та В. Слівінському за допомогу під час проведення електронно-мікроскопічних досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондарь Ю. В. Термическая история палласитов по данным минералого-геохимических и трековых исследований : дис. на соискание уч. степени канд. геол.-мин. наук / Бондарь Юлия Вадимовна. – Киев, 1994. – 202 с.
2. Горовенко Т. Скульптура поверхні та хімічний склад мінеральних зерен паласиту *Брагін* / Т. Горовенко // Мінерал. зб. – 2012. – № 62, вип. 1. – С. 128–133.

3. Горовенко Т. М. Морфологічні особливості нікелістого заліза в паласиті *Омолон* / Т. М. Горовенко, В. П. Семенов / Зап. Укр. мінерал. т-ва. – 2011. – Т. 8. – С. 45–48.
4. Григорьев Д. П. К онтогении шрейберзита и рабдита в метеорите *Сихотэ-Алинь* / Д. П. Григорьев, Ю. Л. Крецер // Докл. АН СССР. – 1983. – Т. 270, № 5 – С. 1192–1195.
5. Ларионов М. Ю. Мессбауэровская спектроскопия с высоким скоростным разрешением кристаллов фосфидов (Fe,Ni)₃P из метеорита *Сихотэ-Алинь* : дис. на соискание уч. степени канд. физ.-мат. наук / Ларионов Михаил Юрьевич. – Екатеринбург, 2012. – 117 с.
6. Никельфосфид (Ni,Fe)₃P – никелевый аналог шрейберзита / С. Н. Бритвин, В. Д. Коломенский, М. М. Болдырева [и др.] // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1999. – Т. 128, № 3. – С. 64–72.
7. Семенов В. П. Допланетная история минерального вещества (генетическая минералогия обыкновенных хондритов) : дис. на соискание уч. степени д-ра геол.-мин. наук / Семенов Вера Пантелеевна. – Киев, 1986. – 425 с.
8. Семенов В. П. Скульптура поверхні та хімічний склад мінеральних зерен паласиту *Омолон* / В. П. Семенов, Т. М. Горовенко // Зап. Укр. мінерал. т-ва. – 2009. – Т. 6. – С. 63–69.
9. Семенов В. П. Признаки ударного метаморфизма в железном метеорите *Марьинка* / В. П. Семенов, И. С. Козлов, Б. В. Тертычная // Метеоритика. – 1986. – Вып. 45. – С. 102–105.
10. Семенов В. П. Изменения зерен рабдита под влиянием повторного нагрева / В. П. Семенов, Л. Г. Самойлович, Б. В. Тертычная // Минерал. журн. – 1982. – Т. 4, № 3. – С. 51–56.
11. Соботович Э. В. Вещество метеоритов / Э. В. Соботович, В. П. Семенов. – Киев : Наук. думка, 1984. – 192 с.
12. Тонкое строение частиц никелистого железа в хондритах / В. П. Семенов, Л. Г. Самойлович, Б. В. Тертычная, А. В. Клейменов // Вещество и происхождение метеоритов : [сб. науч. тр.]. – Киев : Наук. думка, 1988. – 136 с.
13. Фосфористые сульфиды и их ассоциации в СМ-хондритах / М. А. Назаров, Г. Курат, Ф. Брандштеттер [и др.] // Петрология. – 2009. – Т. 17, № 2. – С. 115–138.
14. Чирвинский П. Н. Палласиты, их минералого-химический состав, положение в ряду других метеоритов / П. Н. Чирвинский // Палласиты. – М. : Недра, 1967. – 287 с.
15. Юдин И. А. Минералогия метеоритов / И. А. Юдин, В. Д. Коломенский. – Свердловск : УНЦ, 1987. – 200 с.
16. Ярошевский А. А. Геохимическое разнообразие минералов метеоритов: систематика и номенклатура фосфидов и силицидов / А. А. Ярошевский, А. В. Иванов // Геохимия. – 2010. – № 8. – С. 860–866.
17. Buseck P. R. Phosphide from meteorites: barringerite, a new iron-nickel mineral / P. R. Buseck // Science. – 1969. – Vol. 165, N 3889. – P. 169–171.
18. Clarke R. S. Schreibersite growth and its influence on the metallography of coarse-structured iron meteorites / R. S. Clarke, J. I. Jr. Goldstein. – Washington : Smithsonian Institution Press, 1978. – 80 p.
19. Goldstein J. I. The growth of the Widmanstätten pattern in metallic meteorites / J. I. Goldstein, R. E. Ogilvie // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1965. – Vol. 29. – P. 893–920.

20. Reed S. J. B. The Oktibbeha County iron meteorite / S. J. B. Reed // Mineral. Mag. – 1972. – Vol. 38. – P. 623–626.

*Стаття: надійшла до редакції 22.07.2015
прийнята до друку 23.10.2015*

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF RHABDITE CRYSTALS IN THE *OMOLON* PALLASITE

T. Horovenko

*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,
34, Acad. Palladin Av., 03680 Kyiv-142, Ukraine
E-mail: cosmin@i.ua*

Results of energodispersive and electron microscopic studies of the morphology and chemical composition of phosphides within a deeply etched iron-nickel metal of the *Omolon*-pallasite are given. The data indicate dominance idiomorphic crystals and chemical composition uniformity within the crystals that testifies their homogeneous nucleation at equilibrium conditions.

Phosphides of the *Omolon*-pallasite are similar to ones of *Sikhote-Alin* and *Maryinka* iron meteorites by morphological characteristics, but have a slightly higher average content of Ni. It varies in shreibersite within 20.9–53.1 wt. %, in rhabdite – 33.1–64.7 wt. %, indicating the specific geochemical conditions of formation of phosphides – namely local acceleration of nickel diffusion during the formation of shreibersite and rhabdite in iron-nickel metal.

Some rhabdite crystals have high content of phosphorus to 21.7 wt. %, and shreibersite – to 22.9 wt. %, that is close to barringerite.

Most of the rhabdite grains are presented by prismatic and plank crystals. The crystal faces indicates the homogeneous nucleation of rhabdite crystals in equilibrium conditions, as evidenced by the homogeneity of the chemical composition within the crystals. Morphological features of some rhabdite crystals show a partial re-heating of the already formed crystals up to 400–450 °C and a relatively rapid cooling after shock heating.

Some crystals of rhabdite have signs of brittle, plastic deformations and heating, which have been formed as the result of shock metamorphism (cleavage cracks, curved crystals, thickened and rounded tops of the crystals). The absence of xenomorphic crystals and structures of decay of rhabdite, which are formed in the case of repeated heating up to $T = 600$ °C, is proof that there were no intense shock-metamorphic processes in the parent body of pallasite after its cooling.

Key words: meteorite, pallasite, iron-nickel metal, phosphides, shreibersite, rhabdite, deep etching.