

УДК 523.681

Кирило Шкуренко

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ,
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142,
sirius5@ukr.net*

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТОНКОЗЕРНИСТОЇ РЕЧОВИНИ ПРИМІТИВНИХ ХОНДРИТІВ

Наведено структурно-мінералогічні та хімічні особливості тонкозернистої речовини примітивних хондритів. Відповідно до мінерального та хімічного складу виділено три групи такої речовини: збагачену сульфідами, збагачену металом і силікатну. Збагачену сульфідами і металом тонкозернисту речовину діагностовано в ксенолітах, а силікатну – в оболонках хондр і ксенолітів.

Ключові слова: примітивні хондрити, тонкозерниста речовина, хондри, ксеноліти.

Тонкозерниста речовина міститься у складі багатьох хондритів, однак складені нею релікти первісного пилу наявні тільки в примітивних хондритах. Саме це робить її вивчення одним із головних завдань сучасної космічної мінералогії та космохімії.

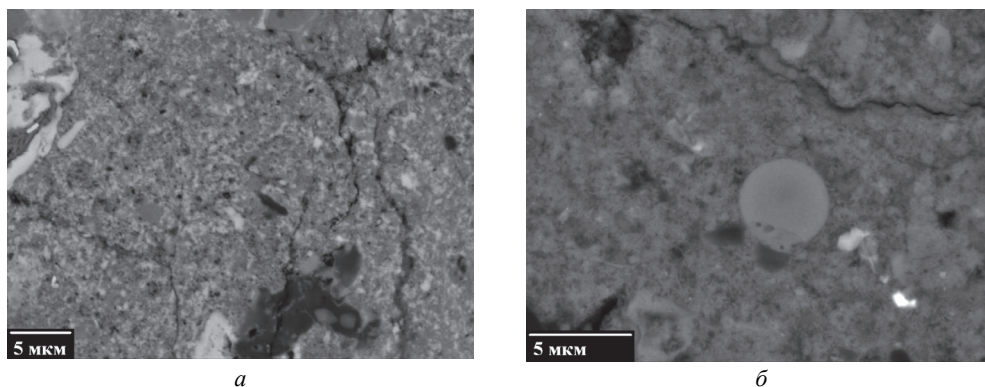
До примітивних хондритів, у яких наявні релікти тонкозернистого пилу, належать вуглисті хондрити петрологічних типів 1–3 та звичайні хондрити петрологічного типу 3. Характеристика тонкозернистої речовини з хондритів різних петрологічних типів частково відмінні. У вуглистих хондритах, порівняно зі звичайними, вона більш примітивна, містить органічні сполуки та збагачена зернами високотемпературних мінералів, окремі з яких можуть мати досонячне походження [4, 6].

Тонкозерниста речовина примітивних хондритів змінюється за компонентним, мінеральним та хімічним складом не тільки від одного хондрита до іншого, а й в межах одного хондрита [1, 5, 6]. Водночас є низка особливостей, спільних для всієї тонкозернистої речовини [1, 5, 6]:

- 1) трикомпонентний склад відповідно до розміру зерен (прихованокристалічні, тонкі та, меншою мірою, великі мінеральні зерна);
- 2) однорідна структура;
- 3) силікатний склад, який відповідає нормативному високотемпературному олівіну;
- 4) наявність уламків хондр та великих силікатних зерен, подекуди агрегатів нікелістого заліза і сульфідів заліза, в акцесорній кількості – високотемпературних мінералів, у поодиноких випадках – мікрохондр;
- 5) систематично низька (до 94 мас. %) аналітична сума валового хімічного складу внаслідок мікропористості й наявності органічних сполук.

В окремих хондритах, наприклад, метеориті *Кримка* (LL3.2) [6, 7], наявні тонкозернисті ксеноліти, що дає змогу вивчати тонкозернисту речовину у трьох текстурних одиницях – тонкозернистих ксенолітах, оболонках хондр і ксенолітів та в матриці.

За складом тонкозернистої речовини ксеноліти розділено на три групи [7]: збагачені сульфідами (див. рисунок, *а*), збагачені металом та силікатні (див. рисунок, *б*). Оболонки хондр та ксенолітів і тонкозерниста матриця звичайно мають силікатний склад, проте внутрішні ділянки оболонок іноді збагачені сульфідами [2].



Сканувальне електронно-мікроскопічне зображення у відбитих електронах тонкозернистої речовини в полірованому шліфі метеорита *Кримка* (LL3.2):

а – збагачена сульфідами (ясно-сіре) речовина, яка містить тонкі й великі силікатні (сіре, темно-сіре) та металеві (біле) зерна; *б* – силікатна речовина з олівіновою мікрохондрою (темно-сіре).

Збагачену сульфідами тонкозернисту речовину виявлено в ксенолітах K1, K3 та BK13 метеорита *Кримка* (LL3.2) [3, 6, 7, 9], де вона представлена тонкозернистою сумішшю силікатів, троїліту, органічних сполук і металевих частинок та вміщує великі нерівноважні за складом уламки олівіну й піроксену. У ксенолітах K1 і K3 діагностовано мікрокристали графіту [3, 9]. Серед високотемпературних мінералів наявні шпінель, гібоніт, перовськіт і анортит. Іноді наявні мікрохондри. За валовим хімічним складом тонкозерниста речовина відповідає вуглистій речовині [9].

Тонкозерниста речовина, збагачена металом, рідкісна, її виявлено в ксеноліті BK16 метеорита *Кримка* (LL3.2) [7, 8]. Порівняно з силікатно-сульфідною тонкозернистою речовиною, вона має підвищений вміст нікелістого заліза (мікронні й субмікронні зерна металу) і складена олівіном, піроксеном, нікелістим залізом та рідкісними мелілітом, перовськітом, вторинним кальцитом. Сульфіди заліза трапляються в незначній кількості. Серед великих зерен є піроксени, олівін, метал, сульфіди заліза, плагіоклаз, акцесорна шпінель [8].

Оболонки хондр і ксенолітів складені силікатною тонкозернистою речовиною [2], яка має однорідну будову та підвищений уміст FeO і SiO₂. Головними мінералами є олівін та піроксени, другорядними – сульфіди заліза й нікелісте залізо, акцесорними – плагіоклаз, хроміт, Са-фосфат, рідкісними високотемпературними – анортит, меліліт, шпінель, корунд [2]. Мікрохондри в цій речовині – типовий акцесорний компонент. Валовий хімічний склад відповідає нормативному високозалізистому олівіну Fe_{72,2}. Співвідношення SiO₂/MgO та FeO/(FeO+MgO) у ньому змінюються в широких межах [1]. Іноді внутрішні ділянки оболонок збагачені сульфідами [2].

Отже, силікатна тонкозерниста речовина, на відміну від тонкозернистої речовини, збагаченої сульфідами та/або металом, формувалась у пиловому середовищі, збідненому тугоплавкими компонентами. Її хімічний склад змінюється в широких межах, що свідчить про високий ступінь її окиснення та хімічну неоднорідність на мікрмасштабному рівні пилової компоненти протопланетної туманності. Крім того, вона зазнала часткового переплавлення, про що свідчить підвищений вміст мікрохондр.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Семененко В. П. Хімічна неоднорідність тонкозернистої речовини в метеориті Кримка (LL3.1) / В. П. Семененко, К. О. Шкуренко, А. Л. Гіріч // Мінерал. журн. – 2014. – Т. 36, № 4. – С. 39–49.
2. Шкуренко К. Мінералогія тонкозернистої речовини оболонок хондр з метеорита Кримка (LL3.1) / К. Шкуренко, В. Семененко // Мінерал. зб. – 2015. – № 65, вип. 1. – С. 53–63.
3. Carbonaceous xenoliths from the Krymka chondrite as probable cometary material / V. P. Semenenko, E. K. Jessberger, M. Chaussidon et al. // 66th Annual Meteoritical Society Meeting. – Institut für Planetologie, Münster, German, 2003. – P. 5005.
4. Loddes K. Presolar grains from meteorites: Remnants from early times of the solar system / K. Loddes, S. Amari // Chemie der Erde. Geochemistry. – 2005. – Vol. 65. – P. 93–166.
5. Metzler K. Constraints on chondrite agglomeration from fine-grained chondrule rims / K. Metzler, A. Bishoff // Chondrules and the Protoplanetary Disk (eds. Hewins R. H., Jones R. H., Scott E. R. D.). – New York, USA : Cambridge University Press, 1996. – P. 153–161.
6. Mineralogy of fine-grained material in the Krymka (LL3.1) chondrite / V. P. Semenenko, A. Bishoff, I. Weber, A. L. Girich // Meteoritics and Planetary Science. – 2001. – Vol. 36. – P. 1067–1085.
7. Semenenko V. P. A variety of lithic fragments in the Krymka (LL3.1) chondrite / V. P. Semenenko, A. L. Girich // Meteoritics and Planetary Science. – 2001. – Vol. 36, N 9. – P. A187.
8. Semenenko V. P. The probable primitive H-material in the Krymka chondrite / V. P. Semenenko, A. L. Girich // 68th Annual Meteoritical Society Meeting, 2005. – P. 5013.
9. TEM investigation of a “mysterite” inclusion from the Krymka LL-chondrite: preliminary results / I. Weber, V. P. Semenenko, T. Stephan, E. K. Jessberger // 34 Lunar and Planetary Science. – 2003. – P. 1535.

Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018

Kyrylo Shkurenko

*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
sirius5@ukr.net*

GENERAL FEATURES OF FINE-GRAINED MATERIAL OF PRIMITIVE CHONDRITES

Chemical and mineralogical features of fine-grained material in primitive chondrites are described. According to mineralogical and chemical composition, three groups of fine-grained material have been distinguished: sulphide-rich, metal-rich and silicate. Sulphide-rich and metal-rich ones have been detected inside the fine-grained xenoliths, the silicate – in the rims of xenoliths and chondrules. It has been determined that a silicate fine-grained material, unlike fine-grained material enriched with sulphides and/or metal, was formed in a dust medium depleted by refractory components.

Key words: primitive chondrites, fine-grained material, chondrules, xenoliths.