

ПРИМІТИВНА ВИСОКОЗАЛІЗИСТА РЕЧОВИНА В ХОНДРИТІ КРИМКА (LL3.1)

Наведено результати попереднього структурно-мінералогічного та хімічного досліджень темного ксеноліту ВК16 у хондриті Кримка. Співвідношення SiO_2/MgO , тонкозерниста структура, високий модальний вміст металу та мінералогічні прикмети низькотемпературного водного перетворення дають змогу припустити, що ксеноліт ВК16 є фрагментом імовірного примітивного попередника високозалізистих хондритів.

Тонкозернисті ксеноліти досить поширені в хондриті Кримка. Більшість з них складені вуглистою речовиною. З огляду на їх екзотичний мінеральний склад [7, 8] чи незвичайні текстурні особливості [4, 5], вони викликають великий науковий інтерес. У статті наведено результати попереднього структурно-мінералогічного та хімічного досліджень тонкозернистого темного ксеноліту ВК16, знайденого нами в полірованому шліфі індивідуального зразка 1290/4 хондрита Кримка [6].

Методи дослідження. Структурно-мінералогічні дослідження проведено з використанням оптичних мікроскопів ПОЛАМ Р-312 (Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України, Київ) і Ахіорфот ZEISS (Інститут планетології, Мюнстер, Німеччина) та емісійного сканувального електронного мікроскопа JSM-6300F (Мюнстер) з енергодисперсійним спектрометром (EDS).

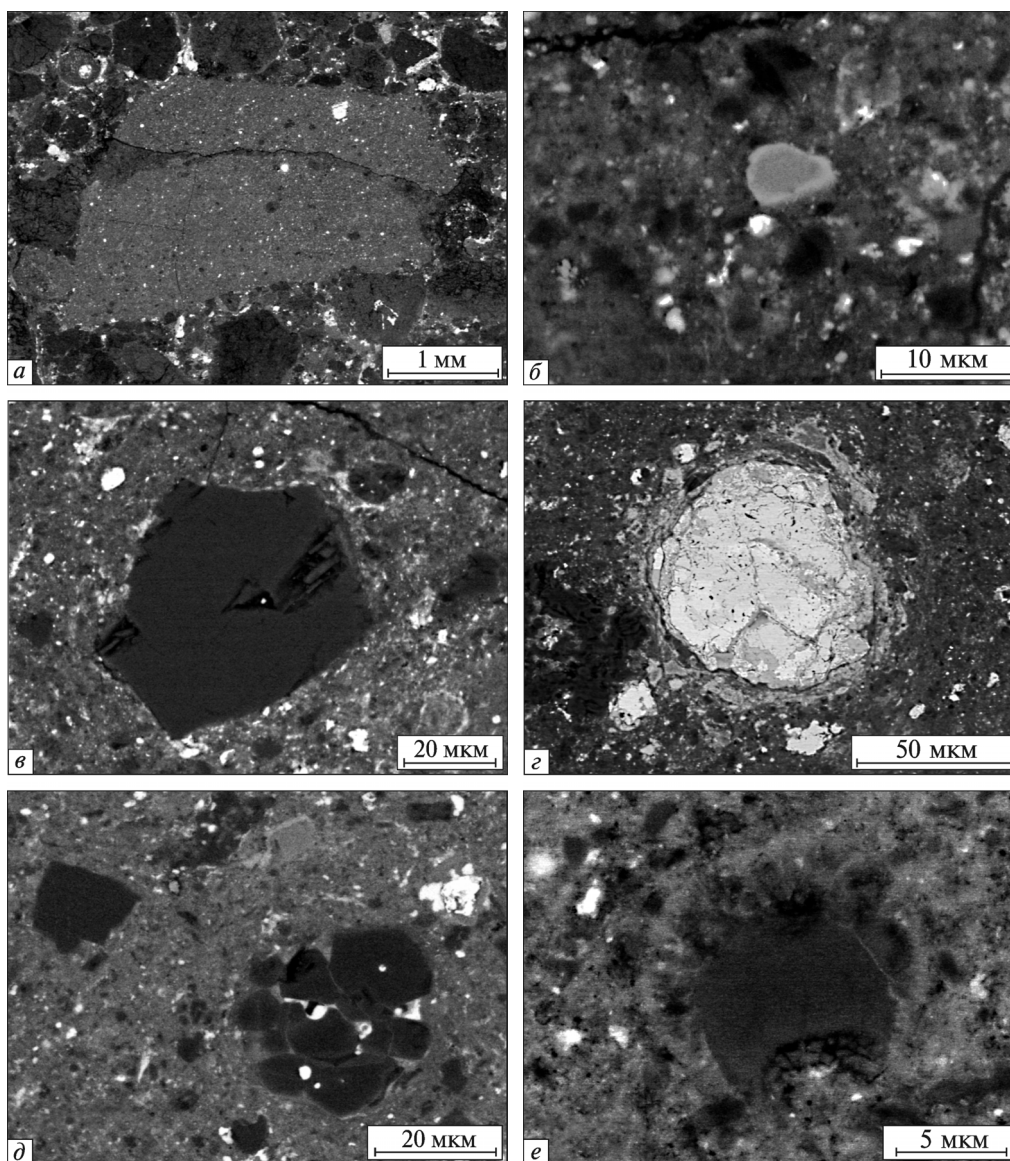
Хімічний склад мінералів визначено на мікроаналізаторі JXA-8600MX (Мюнстер). Сила струму 10 нА, прискорювальна напруга 15 кВ, діаметр зонда 3 мкм, ZAF-поправка.

Валовий хімічний склад ксеноліту визначено за допомогою розфокусованого зонда (20 мкм), як середнє з 393 замірів.

Результати дослідження. Ксеноліт ВК16 (рисунок, а) розміром $3,3 \times 2,7$ мм має неправильну трапецієподібну форму і характеризується чорним кольором, тонкозернистою будовою, високим вмістом рудних мінералів і чіткою нерівною межею із загальною частиною метеорита. Він складається з трьох головних текстурних компонентів — тонкозернистої матриці, грубих зерен, мікрохондр та уламків хондр.

Матриця складена субмікронними—мікронними зернами переважно олівіну (Fe_{37-49}), менше піроксену, нікелістого заліза, сульфідів, рідко мериліту, перовскіту (рисунок, б) (59 % TiO_2 , 40,6 — CaO , 1,49 — FeO , 0,34 — P_2O_5 , 0,16 — SiO_2 , 0,12 — Al_2O_3 , 0,06 — MgO ; сума — 101,8 %) та кальциту (51,2 % CaO).

Грубі зерна вирізняються великим різноманіттям розмірів (5—200 мкм), форм (кристали та їх уламки, округлі, неправильні та амебоподібні зерна) і мінерального складу. Мо-



Тонкозернистий темний ксеноліт ВК16 у хондриті Кримка (РЕМ-знімки у відбитих електронах):
a — загальний вигляд, видно численні зерна металу і сульфідів (білі), грубі силікатні зерна, полімінеральні асоціації та уламки хондр (темно-сірі), а також тріщини; *б* — світло-сіре зерно перовскіту із Fe-збагаченою оболонкою в матриці ксеноліту; *в* — уламок великого кристала енстатиту; *г* — полімінеральна асоціація, складена камаситом (світло-сіре), тенітом (біле) та сульфідами (сіре); асоціація оточена неоднорідною за складом оболонкою, що містить переважно філосилікати (?); *д* — уламок мікропорфірової олівінової хондри з частково окисненими включеннями нікелістого заліза (білі); *е* — енстатитова мікрохондра, збагачена MnO і Cr₂O₃

номінеральні зерна представлені, як правило, Mg-багатим (Fa_{0,9-14,4}) та залістим (~Fa₅₀) олівіном, Ca-бідним (рисунок, *в*) (Fs_{1,8-19,6}En_{78,9-97,3}Wo_{0,2-1,5}) та Ca-багатим (Fs_{1,9-2,8}En_{48,8-52,7}Wo_{44,5-49,3}) піроксеном, плагіоклазом (Ab_{41,9-43,6}An_{52,3-54,5}Or_{3,6-4,1}), Mg,Al-шпінеллю (71,1 % Al₂O₃, 26,5 — MgO, 0,87 — FeO, 0,17 — TiO₂, 0,07 — CaO, 0,07 — SiO₂, 0,04 — Cr₂O₃, 0,02 % P₂O₅; сума 98,83 %), нікелістим залізом і сульфідами.

Полімінеральні асоціації можна розділити на такі види: 1) грубозернисті, складені Са-бідним піроксеном ($\text{Fs}_{1,4-2,8}\text{En}_{95,9-98,6}\text{Wo}_{0,0-1,5}$ та $\text{Fs}_{12,5}\text{En}_{86,9}\text{Wo}_{0,6}$), олівіном ($\text{Fa}_{1,2-1,6}$ та $\text{Fa}_{16,3}$) та/або плагіоклазом; більшість з них містять дрібні включення нікелістого заліза і, можливо, сульфідів; 2) тонкозернисті, складені високо-температурними мінералами, такими, як діопсид, енстатит, можливо Mg,Al-шпінель; такі асоціації мають, як правило, амебоподібну форму і часто містять окремі включення нікелістого заліза; 3) рудні, складені камаситом, тенітом і сульфідами (рисунок, *г*; характер розміщення мінералів засвідчує часткове заміщення металу сульфідами; ці асоціації мають неправильну округлу форму і оточені нерівномірною за шириною та неоднорідною за складом оболонкою, складеною, ймовірно, сірковмісними філосилікатами.

Уламки хондр мають мікропорфірову (рисунок, *д*), рідше повнокристалічну структуру і складені олівіном ($\text{Fa}_{1,6-6,6}$), піроксеном, плагіоклазом або склом. Здебільшого вони містять дрібні включення нікелістого заліза і, можливо, сульфідів. Дві вивчені нами мікрохондри (рисунок, *е*) характеризуються змінним піроксеновим складом ($\text{Fs}_{8,6}\text{En}_{91,2}\text{Wo}_{0,2}$ та $\text{Fs}_{6,2}\text{En}_{85,3}\text{Wo}_{8,5}$) і підвищеним вмістом MnO (2,39 та 1,17 %) і Cr_2O_3 (1,63 та 1,35 %).

У ксеноліті ВК16 досить поширені Fe-філосилікати з високим вмістом сірки (можливо точилініт). Вони характеризуються тонкою волокнистою будовою і складають окремі дифузні ділянки в матриці, а також неоднорідні оболонки довкола багатьох грубих зерен (див. наприклад, рисунок, *з*) та уламків хондр. Крім того, по краях багатьох зерен нікелістого заліза, в тому числі тих, що входять до складу полімінеральних асоціацій та уламків хондр, а також по межах силікатних зерен розвинуті гідроксиди заліза.

Валовий хімічний склад ксеноліту ВК16, за даними мікрозондового аналізу, такий, %: SiO_2 32,4; Al_2O_3 1,84; MgO 21; MnO 0,31; TiO_2 0,09; CaO 1,58; FeO 34,8; Cr_2O_3 0,55; Na_2O 0,35; K_2O 0,05; Ni 1,06; S 2,41; P_2O_5 0,21; сума 96,6 %; $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO}) = 0,62$. Низька аналітична сума зумовлена високою пористістю матриці та наявністю філосилікатів та гідроксидів заліза. Співвідношення SiO_2/MgO (1,54) відповідає хондритам групи Н ($1,55 \pm 0,05$) і групи СН (1,54) [1, 3]. За вмістом головних і другорядних компонентів ксеноліт ВК16 займає проміжне положення між хондритами групи СН та іншими вуглистими хондритами. Так, від СН-хондритів [3] він відрізняється вищим вмістом SiO_2 , MgO, Na_2O і S та нижчим — FeO, CaO і Ni.

Слід відзначити, що ксеноліт ВК16 є дуже складним для дослідження, насамперед через мікронні і субмікронні розміри переважної більшості зерен, що лежать поза межами аналітичних можливостей сучасних приладів. У статті наведено результати лише прецизійних аналізів, їх кількість дуже обмежена і не відображує повною мірою істинних меж складу того чи іншого мінералу згаданого ксеноліту.

Від основної частини хондрита Кримка ксеноліт ВК16 відрізняється: 1) пористою тонкозернистою текстурою; 2) незначною кількістю уламків хондр; 3) високим вмістом рудних мінералів; 4) наявністю філосилікатів; 5) низькою аналітичною сумою валового хімічного складу; 6) збагаченням FeO і S та збідненням SiO_2 , Al_2O_3 , MgO, TiO_2 , CaO і Na_2O [2].

Однією з головних особливостей мінералогії ксеноліту ВК16 є наявність високотемпературної і низькотемпературної складових, що є типовим для вуглистої речовини [1]. Високотемпературна складова представлена окремими зернами та полімінеральними асоціаціями магнезіальних і Са-багатих силікатів (форстериту, енстатиту, діопсиду), Mg,Al-шпінелі й перовскіту, а також мікрохондрами та уламками хондр.

Мінеральний склад низькотемпературної складової (переважно філосилікати, акцесорні кальцит і, можливо, магнетит), а також її високий вміст засвідчу-

ють, що речовина ксеноліту ВК16 після консолідації зазнала значного низькотемпературного гідротермального перетворення. Крім того, ксеноліт містить мінералогічні свідчення сульфідизації (корозійне заміщення сульфідами частини зерен нікелістого заліза) та окиснення (наявність Fe-збагачених оболонок по краях зерен форстериту і перовскіту (див. рисунок, б) і достатнє поширення гідроксидів заліза).

Головні структурно-мінералогічні та хімічні характеристики ксеноліту ВК16 вказують на його належність до вуглистої речовини, яка утворилась у результаті акреції нерівноважної пилової компоненти із значною кількістю високотемпературних мінералів. Після утворення ця речовина зазнала низькотемпературного гідротермального перетворення, сульфідизації та окиснення. Крім того, за відношенням SiO_2/MgO і високим модальним вмістом металу можна припустити, що ксеноліт ВК16 є фрагментом імовірного примітивного попередника високозалістистих хондритів, який вперше діагностований у метеоритах.

Автори вдячні А. Бішофу за надану можливість провести дослідження на інструментальній базі Інституту планетології (Мюнстер, Німеччина), а також Т. Грунду, У. Хейтманн, А. Сокол і М. Ніемейеру за технічну допомогу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Додд Р.Т.* Метеориты: Петрология и геохимия. — М.: Мир, 1986. — 384 с.
2. *Дьяконова М.И., Харитонова В.Я.* Результаты химического анализа некоторых каменных и железных метеоритов коллекции АН СССР // Метеоритика. — 1960. — **18**. — С. 48—67.
3. *Lodders K., Fegley B.Jr.* The Planetary Scientist's Companion. — New York: Oxford Univ. Press, 1998. — 372 p.
4. *Semenenko V.P., Bischoff A., Weber I. et al.* Mineralogy of fine-grained material in the Krymka (LL3.1) chondrite // Meteoritics Planet. Sci. — 2001. — **36**. — P. 1067—1085.
5. *Semenenko V.P., Girich A.L.* Chondrule embryos or dusty spherules in the Krymka (LL3) chondrite // Ibid. — 1999. — **34**. — P. A106.
6. *Semenenko V.P., Girich A.L.* The probable primitive H-material in the Krymka chondrite // Ibid. — 2005. — **40**. — P. A138.
7. *Semenenko V.P., Girich A.L., Nittler L.R.* An exotic kind of cosmic material: Graphite-containing xenoliths from the Krymka (LL3.1) chondrite // Geochim. Cosmochim. Acta. — 2004. — **68**, N 3. — P. 455—475.
8. *Semenenko V.P., Jessberger E.K., Chaussidon M. et al.* Carbonaceous xenoliths in the Krymka LL3.1 chondrite: Mysteries and established facts // Ibid. — 2005. — **69**, N 8. — P. 2165—2182.

The results of preliminary mineralogical and chemical studies of the dark xenolith ВК16 within the Krymka chondrite are given. SiO_2/MgO -ratio, fine-grained texture, high modal abundance of metal, and mineralogical evidences of the low-temperature aqueous processing allow to suppose that the xenolith ВК16 represents a fragment of a probable primitive precursor of H-chondrites.

Надійшла 29.03.2007