

¹ Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України та Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи 03680, м. Київ, пр-т Акад. Палладіна, 34а

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка 03022, м. Київ, вул. Васильківська, 90

АХОНДРИТ NORTON COUNTY: СКУЛЬПТУРА ПОВЕРХНІ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД МІНЕРАЛЬНИХ ЗЕРЕН

Наведено результати растрових електронно-мікроскопічних та енергодисперсійних спектроскопічних досліджень скульптури поверхні та хімічного складу мінеральних зерен із енстатитового ахондрита Norton County. Вперше в ахондриті знайдені бржезінаїт, відомий до того лише в залізному метеориті, продукти вивітрювання алабандину, а також діагностовані порожнини росту в кристалах енстатиту, які вказують на їх нерівноважну кристалізацію найімовірніше із ударного розплаву. Характер поширення скульптур ударного метаморфізму на поверхні мінеральних зерен засвідчує додатковий удар, але значно меншої інтенсивності, ніж попередній, в космічній історії материнського тіла ахондрита Norton County.

Скульптура поверхні мінеральних зерен є чутливим індикатором умов мінералоутворення в газопиловій протопланетній туманності і в материнських тілах метеоритів. У раніших дослідженнях ми акцентували увагу на спільних і відмінних скульптурних характеристиках мінералів у недиференційованих метеоритах — хондритах [4, 5], і диференційованих — паласитах [1—3], тобто в тих, які не пройшли етап плавлення примітивної речовини, і в тих, які пройшли його в материнських тілах. У статті увагу зосереджено на вивченні скульптурних особливостей і хімічного складу поверхні мінеральних зерен та їх сколів у представнику ще одного класу диференційованих метеоритів — ахондриті Norton County. Вибір саме цього ахондрита зумовлений не стільки його великою масою, скільки належністю до мало поширеної і генетично важливої групи кам'яних метеоритів — енстатитових ахондритів (обритів).

Мінеральний склад цих ахондритів близький до рідкісної групи хондритів — енстатитових хондритів, які характеризуються наявністю невідомих на Землі високо-температурних і, відповідно, високовідновних мінералів-індикаторів екстремальних умов мінералоутворення в космосі. Подібність мінерального складу енстатитових ахондритів і хондритів лежить в основі гіпотези про походження ахондритів із ударного розплаву енстатитових хондритів [11]. За результатами детального петрографічного дослідження ахондрита Norton County допускають [9], що речовина ахондрита пройшла етап повільної крис-

талізації в глибинах материнського тіла, після чого внаслідок сильного удару була викинута на поверхню, брекчійована і змішана з ударним розплавом піроксенового складу. Подальші дослідження ахондрита цими самими авторами [10] дали змогу дійти висновку щодо його належності до ударних брекчій, які складаються з різноманітних за природою уламків магматичних порід (дунітів, піроксенітів, плагіоклазитів), а також ударнопереплавлених брекчій.

Ахондрит Norton County впав у вигляді метеоритного дощу 18 лютого 1948 р. у штаті Канзас (США). Після падіння було знайдено понад 100 індивідуальних екземплярів, найбільший з яких мав масу понад 1 т. Метеорит крихкий, грубозернистий, бідний кальцієм і складається переважно з великих кристалів (2—3 см) енстатиту, які розміщуються в дрібнозернистій масі енстатиту й олівіну з невеликою кількістю троїліту і нікелістого заліза. Наявність кристалів такого великого розміру є однією із важливих мінералогічних ознак енстатитових ахондритів. У ньому також діагностовані як акцесорні мінерали піротин, діопсид, олігоклаз, ольдгаміт CaS , добрееліт FeCr_2S_4 , перійт $(\text{Ni,Fe})_5(\text{Si,P})_2$, самородна мідь, шрейберзит $(\text{Fe,Ni})_3\text{P}$, фероалабандин $(\text{Mn,Fe})\text{S}$, касвелсильверит NaCrS_2 , осборніт TiN , так і вторинні мінерали — портландит $\text{Ca}(\text{OH})_2$, фатерит CaCO_3 , басаніт $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, кронусит $\text{Ca}_{0.2}\text{CrS}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ та штилхорніт $\text{Na}_{0.3}[\text{CrS}_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ [10]. Ольдгаміт, добрееліт, касвелсильверит і осборніт належать до космічних мінералів, аналоги яких у земних породах поки що не знайдені. За хімічним і мінеральним складом ахондрит Norton County близький до земного анортозиту, а також місячного реголіту. Вік за різними даними Rb/Sr методу коливається від $4,516 \pm 0,029$ до 4,7 млрд років [7].

Для скульптурних і хімічних досліджень за допомогою сканувального електронного мікроскопа (СЕМ) марки JEOL JSM-6490LV, обладнаному енергодисперсійним спектрометром Penta FETx3 Oxford Instruments, із подрібненої фракції ахондрита було попередньо відібрано під біноклярком МБС-10 і описано 3 зерна енстатиту, 5 — моносульфіду заліза, по 2 — олівіну і вперше бржезінаїту, 1 — нікелістого заліза, 1 — зросток енстатиту, фероалабандину і ольдгаміту. За допомогою СЕМ у цих мінералах були діагностовані вклучення добрееліту, а також продукти земного вивітрювання ольдгаміту — карбонат кальцію (CaCO_3), належність якого до кальциту або фатериту без даних щодо структури мінералу встановити неможливо, а також гіпсу. При цьому слід зазначити, що і в хондритах, і в ахондриті Norton County зерна мінералів характеризуються підвищеною крихкістю відносно їхніх земних аналогів. Це пов'язане з умовами їх існування в космосі, а саме з різким перепадом температур і тиску, передусім через процеси ударного метаморфізму, а також постійного опромінення сонячними і космічними елементарними частинками, що сприяло утворенню численних дефектів у структурі мінералів у поверхневих шарах материнських тіл метеоритів.

У результаті електронно-мікроскопічного і хімічного дослідження ахондрита Norton County отримано дані для кожного із вивчених мінералів.

Енстатит. Усі зерна мають білий колір, напівпрозорі у тонких сколах. На жаль, нам не вдалося відібрати хоча б одне зерно з добре розвинутими індукційними гранями, тому здебільшого вивчена скульптура поверхні їхніх сколів.

Електронно-мікроскопічне вивчення поверхні зерен та їхніх сколів показало, що більшість з них характеризуються досконало розвиненими тріщинами спайності [110], по яких навіть за незначних навантажень дробляться зерна. На залишках індукційних граней діагностовані клиноподібні смуги деформацій (рис. 1, а), а також два типи налиплих бризків розплаву: у вигляді півкуль розміром $\leq 0,5$ мкм (рис. 1, б) і плоских неправильної форми утворень мікронного

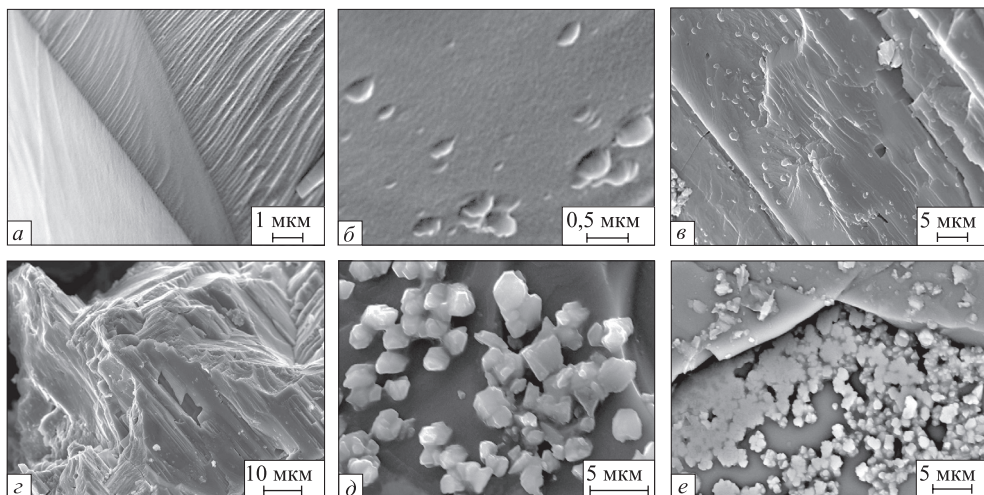


Рис. 1. Растрове електронно-мікроскопічне зображення поверхні зерен енстатиту та олівіну із ахондрита Norton County:

a — клиноподібні смуги деформації на поверхні зерна енстатиту; *б* — скупчення бризок розплаву на поверхні зерна енстатиту; *в* — субмікронні включення кристалів, тріщини спайності та поодинокі порожнини росту на поверхні сколу зерна енстатиту; *г* — порожнини росту видовженої форми на поверхні сколу зерна енстатиту; *д* — скупчення вторинних кристалів CaCO_3 на поверхні зерна олівіну; *е* — скупчення субмікронних кристалів CaCO_3 у вигляді плівки на поверхні зерна олівіну

розміру. Різна форма таких бризок, а також відмінності в характері змочування з поверхню зерна енстатиту вказують на їх різну в'язкість у період налипання. В першому випадку розплав був в'язкішим, ніж у другому, що може бути пов'язано з відмінностями у їх хімічному складі, а також/або з температурою бризок. На поверхні сколів енстатитових зерен наявні субмікронні включення 4- і 6-кутної форми, кількість яких змінюється від поодиноких до масових скупчень (рис. 1, *в*). Вивчення хімічного складу найбільших за розмірами включень вказує на їх троїлітовий склад і наявність незначних домішок Ті.

На поверхні сколів зерен енстатиту є відбитки гексагональних кристалів (троїліту?) мікронного розміру, а також округлі пори, які, ймовірно, належать до газових включень. Серед вивчених скульптур найбільший інтерес становлять порожнини росту видовженої форми розміром $\leq 20 \times 5$ мкм, які розташовані паралельно призматичним граням і мають заокруглені кути (рис. 1, *г*). Такі скульптури знайдені нами вперше і є ознакою нерівноважного росту кристалів енстатиту в умовах значного переохолодження розплаву.

За результатами енергодисперсійного аналізу середній хімічний склад енстатиту відповідає $\text{Fs}_{0,07}\text{En}_{98,3}\text{Wo}_{1,67}$ (табл. 1), хоча 12 із 14 вивчених точок є беззалістими. У вигляді домішок в енстатиті відзначено CaO , Cr_2O_3 , MnO , Al_2O_3 , CuO і K_2O .

Олівін. Представлений прозорими безкольоровими зернами. Сканувальне електронно-мікроскопічне дослідження індукційних граней вказує на наявність типових для метеоритних олівінів клиноподібних і пластинчастих скульптур деформацій, виникнення яких зумовлене ударнометаморфічним перетворенням метеорита [3—5]. На поверхні зерен також відзначені округлі плоскі включення сплаву Cu—Fe—Ti (69,3 % Cu ; 24 % Fe ; 6,69 % Ti), які за формою подібні до включень сплаву Cu—Ni—Zn , діагностованих нами на поверхні зерен олівіну із паласиту Брагін [1], відбитки кубічних кристалів, окремі субмікронні пори,

бризки емульсії, а також добре сформовані кристали CaCO_3 (рис. 1, *д*) та його тонкокристалічні плівки (рис. 1, *е*).

У переважній більшості досліджених точок олівін представлений чистим форстеритом, інколи з домішками CaO ($\leq 0,85\%$), що засвідчує його високотемпературний характер, MnO ($\leq 0,57\%$) та CuO ($\leq 0,84\%$). При цьому слід зазначити, що окремі аналізи показують наявність незначної кількості фаялітового компонента, що найімовірніше пов'язане з впливом гідроксидів заліза, які є продуктом земного вивітрювання металу і сульфїду заліза.

Моносульфїд заліза. Зерна мають металічний блиск, інколи з побіжалістю, а також чорний колір, на відміну від бронзового в хондритах і паласитах. На окремих ділянках індукційної поверхні зерен FeS діагностовані деформаційні пластинки і блокова будова, що є прикметами ударного метаморфізму [1—3], а також тонкий пошаровий ріст грані, який вперше відзначений нами в троїліті з паласиту Омолон [2] і у вигляді грубішого пошарового росту на ідеальному за формою кристалі троїліту, розташованому на поверхні хондри метеорита Оленівка [4]. В окремих випадках спостерігаються включення мікронних і субмікронних кристалів 4-, 6-кутної і округлої форми, таблитчасті і гексагональні кристали олівїну, сітка червоподібних силікатних потоків (рис. 2, *а*), характер яких вказує на високу температуру їх розплаву і добру змочуваність поверхні зерна, лінійна система 4- і 6-кутних субмікронних кристалів ольдгамїту, а також агрегатів лусочок розміром $\leq 0,1\text{мкм}$ у вигляді піни (рис. 2, *б*). Вивчення хімічного складу надзвичайно тонких лусочок, розмір яких значно менший за роздільну здатність приладу, вказує на їх імовірну належність до гематиту, а відповідно, і на вторинне походження.

Хімічний склад сульфїду заліза змінюється від троїліту до піротину (табл. 2) з кількісним переважанням зерен останнього. У вигляді мікроелементів у ньому постійно є Ti . В окремих точках зафіксовано незначний вміст Cr , Cu , Mn , V , Co і Ni . Наявність у деяких аналізах Si , Mg , Ca і Zn може бути зумовлена впливом асоціюючих мінералів. Троїліт діагностовано також як включення з незначними домішками Cr , Ti , Cu і Ni в зернах бржезінаїту.

Таблиця 1. Хімічний склад енстатиту в ахондриті Norton County, %

Компонент	Значення	
	діапазон	середнє *
MgO	35,8—43,2	39,5
SiO ₂	54,5—62,5	58,9
FeO	0,00—0,36	0,05
CaO	0,31—3,18	0,95
Cr ₂ O ₃	0,00—0,36	0,06
MnO	0,00—1,11	0,19
Al ₂ O ₃	0,00—0,63	0,11
CuO	0,00—0,62	0,10
K ₂ O	0,00—0,22	0,05
Сума		99,91
Fs	0,00—0,54	0,07
En	93,6—99,4	98,3
Wo	0,57—6,40	1,67

* Кількість аналізів 14.

Таблиця 2. Хімічний склад моносульфїду заліза в ахондриті Norton County, %

Компонент	Значення	
	діапазон	середнє *
S	35,0—40,8	38,8
Fe	55,4—63,7	58,1
Ti	0,23—2,91	1,46
Cr	0,00—1,06	0,45
Co	0,00—0,62	0,16
Ni	0,00—0,27	0,03
Cu	0,00—0,52	0,10
Mg	0,00—0,67	0,15
Si	0,00—1,11	0,32
Ca	0,00—0,53	0,07
V	0,00—0,27	0,07
Mn	0,00—1,06	0,17
Zn	0,00—0,67	0,12
Сума		100

* Кількість аналізів 10.

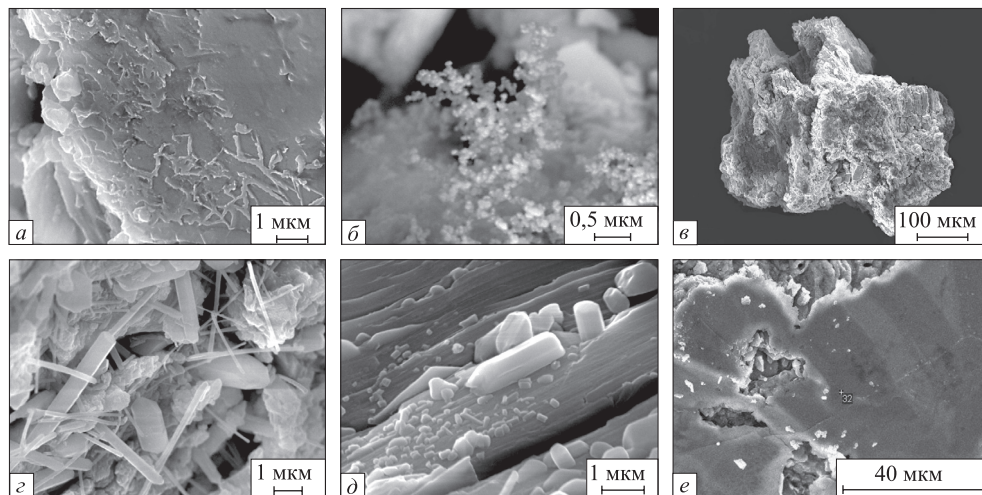


Рис. 2. Растрове електронно-мікроскопічне зображення поверхні зерен моносulfіду заліза, бржезінаїту та полімінерального зростка із ахондрита Norton County:

a — сітка ударного силікатного розплаву на поверхні зерна троїліту; *б* — агрегат субмікронних лусочок імовірно вторинного гематиту у вигляді піни на поверхні зерна троїліту; *в* — зерно бржезінаїту, поверхня якого має грудкувато-зернисту, а в окремих ділянках пластинчасту будову; *з*—*д* — зерна гіпсу у вигляді скупчень голчастих (*з*), пластинчастих і призматичних кристалів (*д*) на поверхні зерна бржезінаїту; *е* — суцільна плівка оксиду мангану на поверхні зростка енстатиту, ольдгаміту і ймовірно фероалабандину. Використано СЕМ-зображення, яке отримано під час дослідження хімічного складу плівки; 32 — точка хімічного аналізу

Нікелисте залізо. Із мінеральної фракції ахондрита відібрано під біноклярюм лише одне зерно металу. За електронно-мікроскопічного вивчення його поверхні відзначені: а) одна або дві системи деформаційних ліній, які є типовим проявом деформацій зсуву (нейманових ліній) в кристалах камаситу і утворились унаслідок ударного метаморфізму [3, 5]; б) зірчасті і пластинчасті скупчення гідроксидів заліза, виникнення яких зумовлено процесами вивітрювання [3].

Вивчення хімічного складу різних ділянок зерна вказує на його фазову неоднорідність. Частина зерна представлена камаситом (середнє з 2 аналізів, %: 6,96 Ni; 88,6 Fe; 0,85 Co; 2,29 S; 0,90 Cu; 0,44 Mg), решта — тонкою сумішшю камаситу і теніту, тобто плеситом (середнє з 3 аналізів, %: 16,5 Ni; 80,9 Fe; 1,07 Co; 1,22 S; 0,10 Cr; 0,13 Si).

Вивчення зерен металу в полірованих шліфах за допомогою електронної мікроскопії вказує на мікрографічну будову плеситу.

Бржезінаїт. Характеризується темно-сірим кольором із зеленуватим відтінком, землистою поверхнею і пластинчастою будовою окремих ділянок. Слід зауважити, що цей сульфід знайдений в ахондриті Norton County і взагалі в ахондритах уперше. Раніше він був діагностований лише в залізному метеориті — атакситі Tucson (табл. 3) у вигляді окремих зерен розміром 50×80 мкм [8].

Електронно-мікроскопічне дослідження бржезінаїту в ахондриті Norton County показало, що поверхня зерен має грудкувато-зернисту, а в окремих ділянках пластинчасту будову (рис. 2, *в*), яка зумовлена наявністю досконалої спайності в мінералі. В окремих випадках 2 системи спайності перетинаються під кутом 90° . Характерна особливість поверхні — наявність зерен гіпсу у вигляді скупчень голчастих кристалів (хаотичних індивідів або субпаралельних

систем) завтовшки $\leq 0,5$ мкм (рис. 2, з), добре розвинутих пластинчастих і призматичних кристалів розміром ≤ 5 мкм (рис. 2, д) і окремих грубопризматичних кристалів розміром ≤ 15 мкм.

Отримані дані стосовно хімічного складу бржезинаїту (табл. 3) засвідчують наявність у ньому домішок Ti, Mn, Ni, Fe і Ca, а також його відповідність бржезинаїту із атакситу Tucson. Наявність в окремих точках аналізу Ca, Mg, Si, Na і Al спричинена забрудненням іншими мінералами. Так, постійна домішка Ca у хімічному складі бржезинаїту є індикатором його тісної асоціації з ольдгамітом.

Ольдгаміт. Діагностовано на поверхні зерен бржезинаїту і в єдиному випадку троїліту. Здебільшого ольдгаміт змінений у земних умовах і представлений добре розвинутими кристалами гіпсу (рис. 2, з, д). Через мікронні та субмікронні розміри кристалів прецизійні дані стосовно хімічного складу вдалось отримати лише в 3 точках грубопризматичних кристалів. Відповідно до цих даних, ольдгаміт містить у середньому, %: 53,4 Ca; 42,8 S; 1,43 Cr; 1,56 Fe; 0,84 Cu, і характеризується незначною варіацією складу від зерна до зерна.

Добреєліт. В ахондриті Norton County діагностований у вигляді пластинки завширшки 2,5 мкм на поверхні троїліту. Хімічний склад добреєліту, %: 46,1 S; 25,3 Cr; 21,6 Fe; 2,51 Cu; 2,04 Ti; 1,54 Mn; 0,53 Si; 0,24 V; 0,24 Ca. Характеризується наявністю домішок, а також пониженим вмістом Cr і дещо підвищеним вмістом Fe порівняно з його ідеальною формулою. Дефіцит Cr в отриманому аналізі зумовлений незначною шириною пластинки добреєліту, нижчою за роздільну здатність приладу, і відповідно, впливом троїліту на результати аналізу.

В ахондриті діагностовані продукти земного вивітрювання, до яких належать добре розвинуті окремі кристали (див. рис. 1, д) карбонату кальцію (54,9 % CaO) та їх плівки (рис. 1, е) у вигляді скупчень субмікронних кристалів на поверхні зерен олівіну, суцільні плівки (рис. 2, е) оксидів мангану (табл. 4) на поверхні зростка енстатиту, ольдгаміту і, ймовірно, фероалабандину, кристали гіпсу, а також гідроксиди заліза. Хімічний склад окремих плівок мангану змінний і характеризується варіацією вмісту MnO від 74,3 до 91,1 %, FeO —

Таблиця 3. Хімічний склад бржезинаїту в атакситі Tucson [6] і в ахондриті Norton County, %

Компонент	Атаксит Tucson	Ахондрит Norton County	
		діапазон	середнє *
Cr	47,3—49,8	44,7—55,1	48,2
S	43,3—46,0	38,2—43,8	41,2
Fe	1,4—4,8	0,00—1,02	0,31
Mn	0,54—0,95	0,55—1,09	0,79
Ti	0,1—0,12	0,00—0,79	0,16
Ni	0,05—0,28	0,00—0,78	0,16
V	1,56—1,64	—	—
Ca	—	5,36—7,96	6,78
Na	—	0,00—1,20	0,59
Mg	—	0,00—2,60	1,72
Al	—	0,00—0,33	0,12
Si	—	0,00—0,93	0,23
K	—	0,00—0,60	0,12
Сума			100,0

* Кількість аналізів 5.

Таблиця 4. Хімічний склад оксидів мангану в ахондриті Norton County, %

Компонент	Значення	
	діапазон	середнє *
MnO	74,3—91,1	84,4
SO ₃	0,00—3,97	1,90
CaO	2,28—4,89	3,88
FeO	1,29—3,15	2,01
MgO	2,09—8,57	4,50
SiO ₂	1,28—4,96	2,62
TiO ₂	0,00—0,45	0,15
Cr ₂ O ₃	0,00—0,48	0,16
NiO	0,00—0,63	0,36
Сума		100,0

* Кількість аналізів 3.

від 1,29 до 3,15, SO_3 — від 0 до 3,97 %. Відповідно до попередніх досліджень [6], карбонат кальцію є продуктом вивітрювання ольдгаміту, оксидні форми мангану — фероалабандину, а гідроксиди заліза — нікелістого заліза і сульфід заліза.

Таким чином, за результатами електронно-мікроскопічного дослідження скульптури поверхні і хімічного складу сколів та індукційних граней мінералів ахондрита Norton County встановлено:

1) наявність порожнин росту видовженої форми всередині кристалів енстатиту, що засвідчує його швидку кристалізацію у нерівноважних умовах. Виникнення таких порожнин неможливе за метаморфічного росту, тому їх наявність є вагомим аргументом на користь утворення окремих зерен енстатиту в результаті нерівноважного мінералоутворення із розплаву (найімовірніше, з ударного), що підтверджує петрографічні дані щодо наявності в метеориті ударнопереплавлених уламків [10];

2) наявність у мінералах таких домішок, як Ti, V і Cr, що є додатковим свідченням високотемпературних, а відповідно, і високовідновних умов утворення мінералів метеорита та його генетичного зв'язку з енстатитовими хондритами;

3) наявність на поверхні мінеральних зерен типових для мінералів хондритів і паласитів скульптур ударного метаморфізму [2—5] — деформаційних пластинок на поверхні зерен олівіну, нікелістого заліза, троїліту і бржезинаїту, а також бризок розплаву та їх конденсатів на поверхні зерен енстатиту, олівіну і моноссульфід заліза. Ці скульптури виникли внаслідок повторного, але значно меншої інтенсивності удару, ніж попередній, який зумовив формування ударних розплавів [10] на поверхні материнського тіла енстатитового ахондрита;

4) наявність округлих субмікронних пор всередині і на поверхні зерен, що може бути одним із доказів формування газових включень у період швидкого переплавлення проточечовини типу енстатитових хондритів з подальшим охолодженням розплаву;

5) наявність субмікронних і мікронних включень кристалів на поверхні зерен, що вказує на очищення кристалічної ґратки мінералів від домішок у результаті ударнометаморфічних процесів. Не виключено, що саме постударна температура зумовила тонкий пошаровий ріст на окремих гранях зерен троїліту в умовах незначного пересичення парами сірководню в мінералоутворювальному середовищі.

Слід зазначити, що в доповнення до попередніх детальних вивчень ахондрита Norton County традиційними методами саме електронно-мікроскопічне дослідження дало змогу розширити список мінералів бржезинаїтом, який знайдено раніше як рідкісний акцесорний мінерал лише в залізному метеориті, оксидними формами мангану як продуктів земного вивітрювання фероалабандину, а також знайти порожнини росту в енстатиті. Це однозначно вказує на важливість та генетичну інформаційність цього методу у вивченні незначної кількості метеоритної речовини, що особливо актуально під час дослідження унікальних космічних об'єктів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Семененко В.П., Алексєєва О.І. Природа кристалів магнетиту в паласиті Брагін // Зап. Укр. мінерал. тов-ва. — 2006. — **3**. — С. 157—160.
2. Семененко В.П., Горovenko Т.М. Скульптура поверхні та хімічний склад мінеральних зерен паласиту Омолон // Там само. — 2009. — **6**. — С. 63—69.
3. Семененко В.П., Квасниця І.В., Алексєєва О.І., Ширінбекова С.Н. Особливості скульптури поверхні зерен мінералів у паласитах // Там само. — 2008. — **5**. — С. 68—74.

4. Семененко В.П., Собонович Э.В., Тертичная Б.В. Метеориты Украины. — Киев: Наук. думка, 1987. — 220 с.
5. Семененко В.П., Тертичная Б.В., Клейманов А.Н. Скульптура поверхности частиц никелистого железа в хондритах // Метеоритика. — 1987. — **46**. — С. 73—80.
6. Юдин И.А., Коломенский В.Д. Минералогия метеоритов. — Свердловск, 1987. — 200 с.
7. Begemann F., Geiss J., Hess D.C. Radiation Age of a Meteorite from Cosmic-Ray-Produced He^3 and H^3 // Phys. Rev. — 1964. — **107**, iss. 2. — P. 540—542.
8. Bunch T.E., Fuchs L.H. A new mineral: breznite, Cr_3S_4 , and the Tucson meteorite // Amer. Mineral. — 1969. — **54**. — P. 1509—1518.
9. Okada A., Keil K., Taylor G.J. The Norton County enstatite achondrite: a brecciated, plutonic igneous rock // Meteoritics. — 1980. — **15**. — P. 345—346.
10. Okada A., Keil K., Taylor G. J., Newsom H. Igneous history of the aubrite parent asteroid — Evidence from the Norton County enstatite achondrite // Meteoritics. — 1988. — **23**. — P. 59—74.
11. Watters T.R., Prinz M. Aubrites: their origin and relationship to enstatite chondrites // Proc. of the 10th Lunar and Planet. Sci. conf. (Houston, Texas March 19—23). — 1979. — V. 1. — P. 1073—1093.

Надійшла 22.03.2010

V.P. Semenenko, T.M. Gorovenko, K.O. Shkurenko, V.M. Slyvinsky

THE NORTON COUNTY ACHONDRITE: SURFACE SCULPTURE AND CHEMICAL COMPOSITION OF MINERAL GRAINS

The results of scanning electron microscopic and energy-dispersive spectrometric studies of surface sculpture and chemical composition of mineral grains from the Norton County enstatite achondrite are given. Breznite, products of alabandine's weathering and cavities of growth inside of enstatite crystal are first discovered in achondrite. The last feature indicates to nonequilibrium crystallization of the enstatite, probably, from an impact melt. The peculiarities of the shock metamorphism sculpture on the surface of mineral grains testifies to an additional shock, but less intensive than the previous one, in the cosmic history of the Norton County achondrite parent body.

В.П. Семененко, Т.М. Горовенко, К.О. Шкуренко, В.М. Сливинский

АХОНДРИТ NORTON COUNTY: СКУЛЬПТУРА ПОВЕРХНОСТИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИНЕРАЛЬНЫХ ЗЕРЕН

Приведены результаты растровых электронно-микроскопических и энергодисперсионных спектрометрических исследований скульптуры поверхности и химического состава минеральных зерен из энстатитового ахондрита Norton County. Впервые в ахондрите найдены бржезнаит, продукты выветривания алабандина, а также диагностированы полости роста в кристалле энстатита, которые указывают на его неравновесную кристаллизацию, наиболее вероятно, из ударного расплава. Характер распространения скульптур ударного метаморфизма на поверхности минеральных зерен свидетельствует о дополнительном ударе, но значительно меньшей интенсивности, чем предыдущий, в космической истории материнского тела ахондрита Norton County.