

NWA 1235: ФЛОГОПИТ-СОДЕРЖАЩИЙ ЭНСТАТИТОВЫЙ МЕТЕОРИТ.

К. Лоренц¹, Г. Курат², Ф. Брандштеттер² и М. Назаров¹. ¹Институт Геохимии и Аналитической химии им. Вернадского, ул. Косыгина 19б Москва, Россия, 119991, lorenz@geokhi.ru; ²Naturhistorisches Museum, Postfach 417, A-1014 Vienna, Austria, gero.kurat@univie.ac.at

Введение. NWA 1235 (находка 2000 г.) – образец неравномерно-выветрелой (W2-W3) энстатитовой породы весом 80 г. Хондры или их реликты обнаружены небыли. Порода имеет гипидиоморфно-зернистую текстуру, которая, однако, более тонкозернистая по сравнению со структурой обритов. Химический состав минералов и взаимоотношения силикатных и металлических фаз свидетельствуют что порода образовалась в более окислительных условиях чем другие энстатитовые метеориты. В числе уникальных особенностей этого метеорита необычный состав троилита и экзотических сульфидов, наличие многочисленных и разнообразных микроскопических включений в энстатите и присутствие фторфлогопита.

Результаты. NWA 1235 в основном содержит гипидиоморфные призматические кристаллы энстатита $\text{En}_{99}\text{Wo}_1$ (77 об%) длиной до 5 мм (Рис.1). Пироксен демонстрирует слабый мозаицизм, волнистое погасание, и содержит многочисленные включения минералов и стекла размером 1-15 микрон, ориентированные вдоль длинной оси кристаллов. Средний состав включений стекла (в вес.%): 77.9 SiO_2 ; 13.0 Al_2O_3 ; 5.0 Na_2O ; 2.0 K_2O ; 0.2 CaO ; 1.1 MgO . Некоторые включения содержат идиоморфные кристаллы бедного титаном, низкохромистого (0.36 Cr, вес.%) троилита, Fe-Ni металла (6.5-40.7 вес.% Ni) и нанинджерита. Менее распространенный полевой шпат $\text{Ab}_{74.8-95.6}\text{Or}_{0.6-6.8}$ (8 вес.%) заполняет интерстиции между зернами энстатита и образует удлиненно-таблитчатые кристаллы в агрегате сульфида. Фаза SiO_2 представлена в виде 10-100 микронных угловатых удлиненных зерен в энстатите, и округлых включений в металле и троилите. Фаза SiO_2 обычно содержит 0,5-1,0 вес.% Na_2O и 1.3-1.5 вес.% Al_2O_3 . Редкий фторапатит ассоциирует с альбитовым полевым шпатом. Гипидиоморфные и неправильные зерна этой фазы имеют размеры 30-60 микрон и демонстрируют ярко-выраженную спайность. Среднее содержание фтора во флогопите порядка 10 вес.%. Металл (4.8 вес.%) в основном представлен неправильными агрегатами (0,1-1,0 мм) которые содержат камасит (вес.%) 1.8 Si; 8.35 Ni; Ni/Co=12.8, и менее распространенный тенит: 2.0 Si; 24.5-25.5 Ni. Объемное отношение камасита к тениту имеет значение порядка 20. В металлических агрегатах присутствуют включения призматических кристаллов энстатита. Тенит демонстрирует слабо выраженный М-подобный профиль Ni с максимальным разбросом содержаний порядка 1.5 вес.%. Распределение кремния в тените подобно распределению никеля. Тенит всегда богаче кремнием чем сосуществующий камасит, в котором Si распределен однородно. Небольшие включения Fe-Ni металла размером 5-10 микрон, содержащиеся в энстатите, имеют более низкие содержания Ni (6,67 вес.%) чем крупные агрегаты металла. Шрейберзит (19,8 вес.% Ni) обычно представлен в составе металлических агрегатов, а также образует тончайшие включения в энстатите. Металлические агрегаты содержат графит, который присутствует как скопления 5-100 микронных призматических и гексагональных кристаллов. Троилит, обогащенный Cr и Ti (2.5 wt% Cr and 0.13 wt% Ti) является главной сульфидной фазой (7 vol%) в NWA 1235. Троилит присутствует в металлических агрегатах, заполняет интерстиции энстатитом и полевым шпатом и образует многочисленные включения в энстатите. Акцессорные сульфиды представлены ольдгамитом, твердым раствором FeS-MnS-MgS и железистым сфалеритом, которые присутствуют в виде округлых включений диаметром 5-15 микрон в пироксене (Рис.2). Включения сульфидного твердого раствора имеют промежуточные составы, лежащие вне областей составов алабандита и нанинджерита (рис.3). Также в энстатите присутствуют округлые включения оксидной фазы, богатой MnO (до 40 вес.%) которая может быть продуктом земного окисления алабандита.

Дискуссия: NWA 1235 содержит восстановленную ассоциацию минералов, что является характеристикой энстатитовых хондритов и ахондритов. Текстура этого метеорита ахондритовая, хондры и их реликты не обнаружены. Однако, в противоположность обритам, структура NWA 1235 менее грубозернистая и демонстрирует черты, более соответствующие с совместной кристаллизацией, чем с аккумуляцией энстатитовых

кристаллов. Также отсутствуют следы несмесимости между силикатной и металлической жидкостями и термального метаморфизма. Очевидно, что NWA 1235 принадлежит к клану энстатитовых метеоритов, но всё-таки эта порода отличается от остальных членов той группы. В металлических агрегатах NWA 1235 широко распространены включения идиоморфных призматических кристаллов пироксена, что является обычным для энстатитовых хондритов [1]. Модальное содержание Fe-Ni металла в NWA 1235 (4.5 об.%) выше чем в обритах (0-0,7 об.%) и приближается к содержанию металла в EL хондритах. Содержание Si (вес.%) как в камасите (1,75) так и в тените (1,99) ниже чем в металле EH хондритов (1,9-3,8) и близко к тому в EL хондритах (0,3-2,1) [2], но не соответствует металлу обритов (0,01-0,9) [3]. Отношение Ni/Co в металле NWA 1235 (12,8) ниже чем в металле остальных энстатитовых метеоритов (21,1-25,4 [3]). Только металл обрита Mayo Belwa имеет сходное Ni/Co отношение (14,2) [3]. Промежуточные составы сульфидных твердых растворов FeS-MnS-MgS не являются типичными для энстатитовых хондритов и ахондритов и были установлены в "EH-расплавах", QUE 94204 [4] и Yamato 793225 [5], и в необычном энстатитовом хондрите Itqiy [6]. Содержание хрома в троилите (2,48 вес.%) попадает в область его значений для энстатитовых хондритов и обритов. На основании содержания Ti могут быть определены окислительно-восстановительные условия образования NWA 1235. Как было показано [7], содержание титана в сульфидном расплаве увеличивается с уменьшением fO_2 . Троилит в NWA 1235 содержит 0,13 вес.% Ti что гораздо меньше чем во всех изученных энстатитовых метеоритах. Троилит обритов, E6 и E4-5 хондритов содержит 0,5-5,7; 0,65 и 0,4 вес.% Ti соответственно [8]. Следовательно, NWA 1235 должен был образоваться в более окислительных условиях по сравнению с всеми другими энстатитовыми метеоритами. Присутствие флогопита является отличительной особенностью NWA 1235. Прежде флогопит был обнаружен лишь в EH-расплаве Yamato 82189 [5]. В NWA 1235 флогопит мог кристаллизоваться из остаточного расплава поскольку в породе не обнаружено свидетельств активности K-F-содержащих флюидов. Апатит, главный носитель фтора, нестабилен в восстановительных условиях, и следовательно, фтор, содержащийся в энстатитовых метеоритах в относительно больших количествах, вынужден входить в состав другой фминеральной фазы.

Заключение: NWA 1235 имеет ахондритовую структуру. Минеральный состав, металл-силикатные взаимоотношения и состав сульфидов могут указывать на возможную связь NWA 1235 с группой EL хондритов. Очень низкое содержание Ti в троилите показывает что он кристаллизовался при более высоком fO_2 чем обычные энстатитовые хондриты и обриты.

Благодарности: Эта работа была поддержана Австрийской Академией Наук и Австрийским Фондом FWF.

Ссылки: [1] Okada A. et al. (1988) *Meteoritics*, 23, 59-74. [2] Zhang Y. Et al. (1995) *J. Geophys. Res.* 100, 9417-9438. [3] Easton A. J. (1986) *Meteoritics*, 21, 79-93.. [4] Rubin A. E. et al. (1997) *GCA* 61, 847-858. [5] Lin Y., Kimura M. (1988) *Meteoritics and Planet. Sci.* 33, 501-511. [6] Patzer D.H. et al. (2001) *Meteoritics and Planet. Sci.* 36, 1495-1505. [7] Fogel R. A. (1997) *Meteoritics and Planet. Sci.* 32, 577-591. [8] Watters T. R. and Prinz M. (1979) *Proc. LPSC X*, 1073-1093. [9] Brearley A. J. and Jones R. H. (1988) *Rev. Min.* 36, 3-01-3-370

Подписи к иллюстрациям: Рис.1. Микрофотография полированной поверхности NWA 1235 в отраженном свете (ширина снимка 3.5 мм). Энстатит, интерстициальный альбит – темно-серый, металл – белый, троилит – светло-серый, гидроокисел железа – серый.

Рис.2. Изображение полиминерального сульфидного включения в энстатите. Троилит – белый, FeS-MnS-MgS сульфид – серый, ольдгамит – темно-серый.

Рис.3. Состав твердых растворов FeS-MnS-MgS в NWA 1235 (данные для EL и EH хондритов из работы [9]).

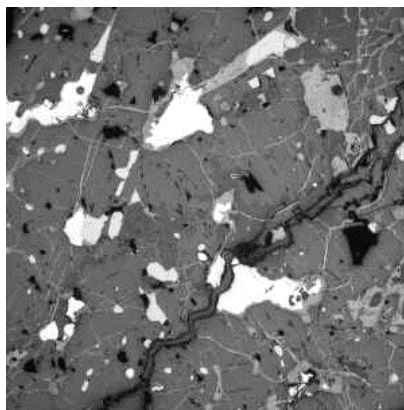


Fig 1. Микрофотография полированной поверхности NWA 1235 в отраженном свете (ширина снимка 3.5 мм). Энстатит, интерстициальный альбит – темно-серый, металл – белый, троилит – светло-серый, гидрокисел железа - серый.

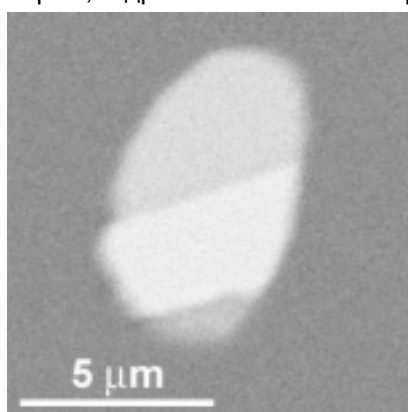


Fig 2. Изображение полиминерального сульфидного включения в энстатите. Троилит – белый, FeS-MnS-MgS сульфид – серый, ольдгамит – темно-серый.

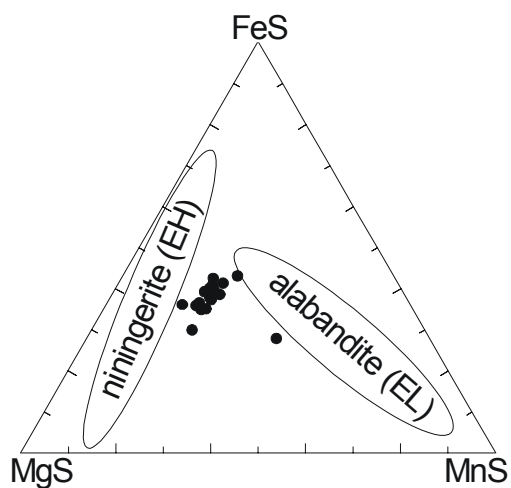


Fig 3. Состав твердых растворов FeS-MnS-MgS в NWA 1235 (данные для EL и EH хондритов из работы [9]).