

**SAYH AL UHAYMIR 085, CV3 ХОНДРИТ: МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ СХОДСТВО С СК ХОНДРИТАМИ.** Марина А. Иванова<sup>1</sup>, Михаил А. Назаров<sup>1</sup>, Robert N. Clayton<sup>2</sup>, Toshiko K. Mayeda<sup>2</sup>, and Lawrence A. Taylor<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, ул. Косыгина, 19, Москва, 119991, Россия ([venus2@online.ru](mailto:venus2@online.ru)), <sup>2</sup>Enrico Fermi Institute, Univ. of Chicago, Chicago IL 60637; <sup>3</sup>Planetary Geosciences Institute, University of Tennessee, Knoxville, TN 37996, USA.

*Sayh al Uhaymir 085, новый углистый хондрит CV3 типа, окисленной подгруппы, имеющий некоторые сходные характеристики с углистыми хондритами СК группы. На основе результатов петрографического и минералогического исследований, а также изотопного состава кислорода выделен ряд особенностей этого метеорита и предложены генетические связи с другими углистыми хондритами.*

**Петрография и химия минералов.** Метеорит Sayh al Uhaymir (SaU) 085 был найден в пустыне Омана 11 января 2002. Это черный камень с ярко выраженной черной корой плавления весом 112 г. В целом он обладает структурой углистых хондритов CV3 типа. Однако, от известных CV3 хондритов его отличает целый ряд интересных и необычных характеристик.

Отношение матрица/(хондры+агрегаты) в SaU 085 такое же как в Allende и Mokoia (0.77), CV хондритах, относящихся к окисленной подгруппе. Однако, в метеоритах той же подгруппы, Kaba, Bali и Groznaуа, оно значительно выше (1.2). Величина этого отношения в SaU 085 близка и к значениям, отмечаемым в CV хондритах восстановленной подгруппы [1].

В изученном шлифе этого метеорита было обнаружено только две абсолютно округлые кассические хондры размером 0.2 и 1.4 мм, что является необычным для CV хондритов. Обе хондры микропорфиновые оливин-пироксеновые (POP) типа II. Они содержат магнетит и немного камасита.



Рис. 1. Sayh al Uhaymir (SaU) 085. Образцы.

В отличие от хондр метеорит очень богат изометричными оливиновыми агрегатами. Доминирующими минералами в них являются оливин и пироксен. В качестве аксессуарных минералов в агрегатах встречены сульфид, шпинель, хромит и магнетит. Мезостазис хондр и агрегатов полностью изменен, первичное стекло и плагиоклаз полностью отсутствуют.

Необычной характеристикой SaU 085 является присутствие магнетитовых скоплений в оливиновых агрегатах. Эти объекты размером 20-100 мкм состоят из магнетита, обогащенного Cr, с небольшими включениями камасита, редких

зерен сульфида и матрицы. Последняя состоит из фаялитового оливина, небольшого количества крондштедтита и некоторого измененного вещества.

В шлифе SaU 085 было обнаружено два тонкозернистых тугоплавких включения (CAIs), размером 1 x 1 и 1.8 x 1.9 мм. Включения имеют концентрически-зональное строение и состоят из шпинели, мелилита, анортита, Al-диоксида, форстерита и редких зерен камасита и магнетита. CAIs подверглись небольшому изменению, лишь в некоторых случаях в них наблюдались нефелин и содалит.

Матрица SaU 085 содержит фрагменты обогащенного FeO оливина, пироксена, магнетита, шпинели, хромита, сульфидов, отдельные зерна FeNi металла и филосиликаты. В целом интенсивность изменения матрицы подобна той, что отмечается для матриц метеоритов Mocoia и Bali.



Рис. 2. Sayh al Uhaymir (SaU ) 085. Срез.

Состав оливина в хондрах и агрегатах находится в пределах составов оливина известных CV хондритов, Fa 0.7-45 мол %. Во внешних оболочках CAIs, также как и в большинстве агрегатов, оливин форстеритовый, с небольшой зональностью по FeO. Поведение микроэлементов, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO и Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в оливинах имеет сходный характер с тем, что наблюдается в других CV хондритах [2]. В отличие от хондр оливин матрицы находится в более широкой области составов (Fa 0.9-80%) и является более зональным.

Пироксен представлен ортопироксеном (Wo<sub>3</sub> En<sub>94</sub>), пижонитом (Wo<sub>10</sub> En<sub>85</sub>), авгитом (Wo<sub>38</sub> En<sub>59</sub>) и диопсидом (WoEn<sub>45</sub>) во всех составляющих компонентах SaU 085. Авгит и диопсид матрицы, хондр и агрегатов обогащен Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3.5 вес % и 7.8 вес % соответственно. В CAIs присутствует Al-диопсид, обогащенный Al и Ti (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-32 вес %; TiO<sub>2</sub>-15 вес %).

Шпинель в основном железистая, с Fe/(Fe+Mg) = 0.3-0.6. В тугоплавких включениях шпинель имеет различный состав, от почти чистой Mg-шпинели до более железистой, с Fe/(Fe+Mg) до 0.15. Редко встречаются отдельные зерна хромита в матрице с Cr/(Cr+Al) = 0.7.

Сульфидные минералы в основном представлены пирротинном и троилитом (Ni – 0.1-1.8 вес %). При изучении шлифа в матрице было обнаружено одно зерно пирита. Металл редок и представлен камаситом и тенином. Богатый Ni тенит (до 45 вес % Ni, 1.5 вес % Co) присутствовал только в матрице, камасит был найден также в форстеритовых зернах агрегатов, хондр, CAIs, матрице и в магнетитовых объектах.

**Дискуссия.** По петрографии и химии минералов SaU 085 является новым углистым хондритом CV3 типа. Большинство его характеристик позволяет отнести его к подгруппе окисленных CV хондритов. Относительное содержание магнетита в этом метеорите выше чем FeNi металла, что подтверждает связь метеорита с окисленной подгруппой.

Изотопный состав кислорода SaU 085 находится в CV-CO-СК поле, в области окисленных CV хондритов,

обедненных  $^{16}\text{O}$  ( $\delta^{18}\text{O} = 3.4 \text{ ‰}$  и  $\delta^{17}\text{O} = -1.7 \text{ ‰}$ , Рис. 3).

Хотя SaU 085 и принадлежит к CV хондритам, некоторые его характеристики являются аномальными для типичных членов окисленной подгруппы углистых хондритов CV группы. К ним относятся: 1) небольшое количество хондр; 2) существование сложных магнетитовых агрегатов и 3) отсутствие богатых Ni сульфидов, таких как пентландит.

Некоторые обогащенные FeO авгиты и диопсиды в матрице SaU 085 имеют высокое содержание NiO, подобное таковому в СК хондритов (0.7-3.3 вес % NiO в авгитах и диопсидах) (Рис. 4), что является дополнительным доказательством окисленной природы вещества SaU 085. Также богатые FeO авгит и диопсид имеют более низкое содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (1.3 вес %), чем обогащенный MgO авгит и диопсид.

Магнетит характеризуется различными содержаниями Cr и Mg, что отличает SaU 085 от других известных CV хондритов (Рис. 5). Содержание Cr в магнетитах SaU 085 в основном выше, а содержание Mg ниже, чем в магнетитах других CV хондритов, причем эти содержания сопоставимы с таковыми для магнетитов СК хондритов [3]. В отличие от Cr и Mg, содержания Ni в магнетите низкие и в основном находятся в пределах области составов магнетитов по Ni всей CV группы.

Следующая аномальная характеристика SaU 085 как окисленного углистого CV хондрита – это отсутствие богатых Ni сульфидов. По сравнению с другими CV хондритами SaU 085 совсем не содержит пентландита. Присутствие камасита ( $\text{Fe}^0$ ) внутри магнетита ( $\text{Fe}^{3+}$ ) возможно указывает на равновесие при низкой температуре, при котором окисление могло произойти при температуре ниже  $560 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Филосиликаты в SaU 085 представлены главным образом серпентином. И хотя их состав близок к составу филосиликатов матриц CV хондритов, он более обогащен кронштедтитом (Рис. 6). Присутствие филосиликатов в матрице и степень замещения ими хондр и агрегатов позволяет говорить о том, что SaU 085 подвергся умеренному водному изменению.

**Выводы.** Найденный недавно новый метеорит SaU 085, по-видимому, представляет собой смесь хондритового вещества. В основном оно представлено материалом CV хондритов окисленной подгруппы. Второстепенными компонентами являются вещество СК и CV хондритов восстановленной подгруппы. Этот метеорит демонстрирует интересное сходство по химии минералов с СК хондритами – богатый Cr магнетит, обогащенный NiO авгит и диосид, и присутствие пирита в сульфидной ассоциации. Таким образом, SaU 085 подтверждает гентическую взаимосвязь между углистыми хондритами CV класса окисленной подгруппы и СК хондритами [4].

**References** [1] Brearley A.J. and Jones R.H. (1998) *In Planetary Materials, Ed. Papike J.J.* 398; [2] Rubin A.E., Wasson J.T. (1987) *Geochim. Cosmochim. Acta.* 51, 1923-1937; [3] Geiger T and Bischoff A. (1995) *Planet. Space Sci.*, 43, 485-498; [4] Kallemeyn G. W. et al. (1991) *Geochim. Cosmochim. Acta.* 55, 881-892.

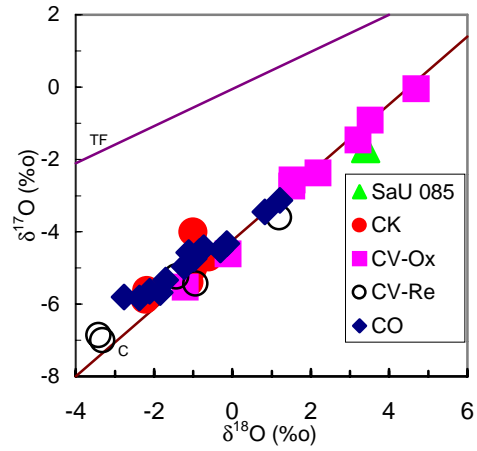


Рис. 3. Изотопный состав кислорода

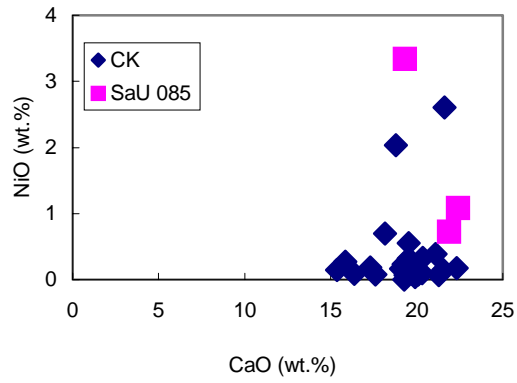


Рис. 4. NiO-CaO в авгите и диопсиде

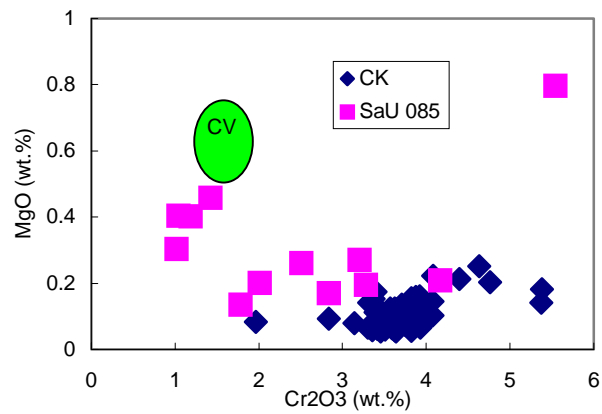


Рис. 5. MgO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в магнетите.

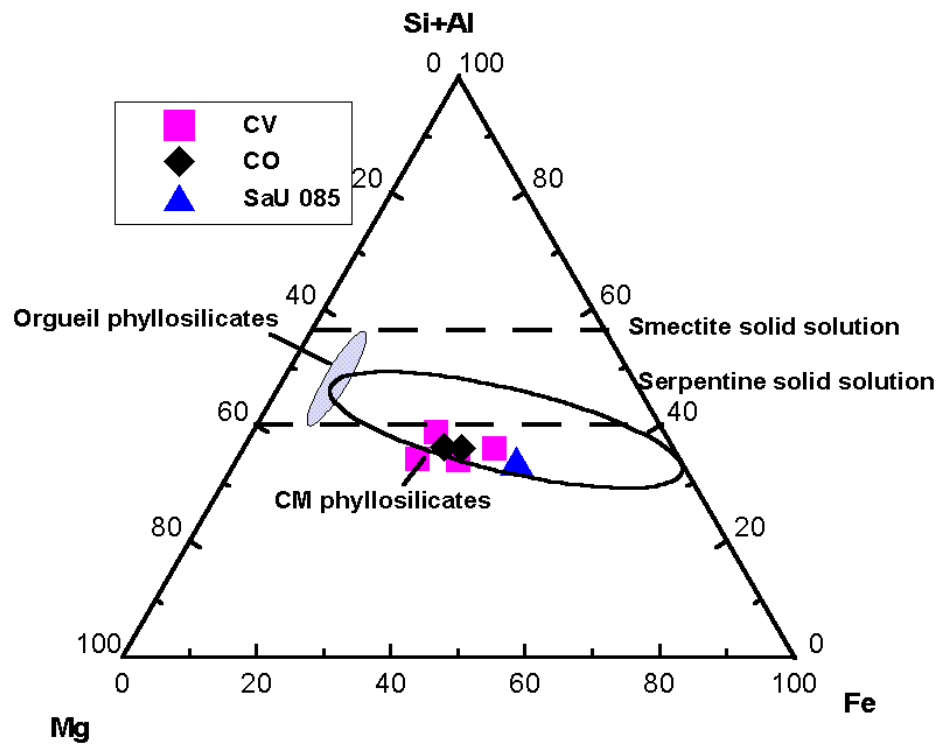


Рис. 6. Состав филосиликатов