

ЗВЕЗДНЫЙ ПРАХ В МЕТЕОРИТАХ ИЛИ МИНЕРАЛОГИЯ ДОСОЛНЕЧНЫХ ЗЕРЕН

Семененко В.П.

Институт геохимии окружающей среды НАН Украины, г. Киев, virasem@i.ua

Изучение особенностей строения и состава досолнечных зерен минералов, найденных в примитивных метеоритах, в межпланетной пыли и кометах (см., напр., обзоры [Семененко, 2009; Kerridge, 1988; Anders, 1993; Zinner, 2004; Lodders, 2005; Nittler et al., 2008]), является одним из приоритетных и мощных направлений развития современной минералогии. Эти зерна были порождены другими звездами Галактики и попали в протосолнечную газопылевую туманность на самых ранних этапах ее эволюции. Подавляющее большинство досолнечных зерен было полностью разрушено процессами солнцезообразования и только незначительная их часть вошла в состав родительских тел примитивных метеоритов и комет в частично измененном или в неизменном виде. Характерной особенностью досолнечных минералов является их изотопный состав, который существенно отличается от солнечного, а для некоторых составляющих их химических элементов характеризуется экстремально широкими пределами.

В настоящее время в досолнечных зернах диагностированы такие минералы: алмаз, графит, карбид кремния (SiC), некоторые оксиды, когенит (Fe, Ni)₃C, нитрид кремния (Si₃N₄), Ti-, Zr-, Mo-богатые карбиды, камасит (Fe, Ni), элементное железо и оливин. Все досолнечные минералы, кроме алмаза, присутствуют в мизерных количествах (от 3 ppb до 10 ppm) и имеют размеры от нанометрических до субмикронных [Zinner, 2004]. И лишь отдельные зерна графита и муассанита достигают 20 мкм.

Среди диагностированных досолнечных минералов наиболее глубоко изучен карбид кремния из углистого хондрита Murchison, что обусловлено большой массой метеорита, а также относительно большими размерами зерен SiC. В нем проведены изотопные исследования для основных и многих следовых элементов [Zinner, 2004], т. е. для N, Mg, Ca, Ti, инертных газов и тяжелых тугоплавких элементов (Sr, Zr, Mo, Ba, Nd, Sm, Dy).

Кристаллы алмаза являются самыми маленькими по размеру (≤ 2.6 нм) и наиболее распространенными (1000 ppm) среди других досолнечных минералов. Из-за их нанометрических размеров большинство полученных результатов по изотопии элементов в валовой пробе являются сложными, противоречивыми и трудными для интерпретации. Противоречивость полученных данных не является недостатком исследований, а указывает на большие масштабы непознанного в процессе эволюции вещества Вселенной.

Одним из носителей досолнечных зерен является известный хондрит Крымка (LL 3.1) [Фисенко и др., 1994; Nittler et al., 2008], в котором сохранились реликты пылевой компоненты протопланетной туманности в виде тонкозернистого вещества [Semenenko et al., 2001; 2005]. Именно такое вещество наиболее перспективно для поиска досолнечных зерен.

Результаты исследования досолнечных зерен астрофизическими, минералогическими и космохимическими методами однозначно свидетельствуют о том, что зарождение и эволюция твердых тел Галактики тесно связана с процессами минералообразования. Если учесть, что количество досолнечных минералов в настоящее время соответствует первым десяткам, метеоритных – сотням, а земных (планетных) – тысячам единиц, то можно сделать вывод, что развитие твердых тел Галактики от нанометрической пыли до планет размером в тысячи километров сопровождается увеличением минеральных видов и их количества. Фактически минералообразование является одним из фундаментальных и сквозных процессов структурирования и функционирования барионной материи Вселенной.

Литература

1. Семененко В.П. Мінералогія досонячних зерен // Геохімія та рудоутворення. – 2009. – Вип. 27. – С. 92–94.
2. Фисенко А.В., Тацій В. Ф., Семенова Л. Ф., Большева Л. Н. Определение кинетического параметров процесса окисления межзвездного алмаза // Материалы XXII метеорит. конференции. 6–8 декабря 1994 г. Черногоровка, 1994. С. 86–87.
3. Survival of presolar material in meteorites // Meteorites and the early Solar system / eds. J.F. Kerridge, M.S. Matthews. Tucson: The Univer. of Arizona press, 1988. – V.13. – P. 927–994.
4. Anders E., Zinner E.K. Interstellar grains in primitive meteorites: diamond, silicon carbide, and graphite // Meteoritics. – 1993. – V. 28. – P. 490–514.
5. Zinner E.K. Presolar grains // Treatise on geochemistry. Meteorites, comets and planets / eds. AM Davis. Elsevier: Pergamon, 2004. – P. 17–39.
6. Lodders K., Amari S. Presolar grains from meteorites: Remnants from the early times of the solar system // Chemie der Erde. – 2005. – V. 65. – P. 93–166.
7. Nittler L.R., CMO'D. Alexander, Gallino R. et al. Aluminium-calcium-and titanium-rich oxide stardust in ordinary chondrite meteorites // Astrophys. J. – 2008. – V. 682. – P. 1450–1478.
8. Semenenko V.P., Bischoff A., Weber I., Perron C., Girich A.L. Mineralogy of fine-grained material in the Krymka (LL 3.1) chondrite // Met. Planet. Sciences. – 2001. – V. 36. – P. 1067–1085.
9. Semenenko V.P., Jessberger E.K., Chaussidon M., Weber I., Stephan T., Wies C. Carbonaceous xenoliths in the Krymka LL3.1 chondrites: Mysteries and established facts // Geochim. Cosmochim. Acta. – 2005. – V. 69. – P. 2165–2182.