

## ФРАГМЕНТЫ ИЗ ПАЛЛАСИТА ОМОЛОН, ОБОГАЩЕННЫЕ ТУГОПЛАВКИМИ ЛИТОФИЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

З. А. Лаврентьева<sup>1</sup>, А. Ю. Люль<sup>1</sup>, Г. М. Колесов<sup>1</sup>, М. Д. Лаврентьев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН,  
г. Москва, [ajull@mail.ru](mailto:ajull@mail.ru)

<sup>2</sup> – Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, [lavza@mail.ru](mailto:lavza@mail.ru)

Палласиты – это железокремнистые метеориты, которые состоят в основном из оливина и Fe-Ni металла. Они представляют собой как бы переходное звено между каменными метеоритами и более редкими железными метеоритами. На основании химического состава металла и силикатов палласиты классифицированы на основную, основную аномальную, Eagle Station и пироксенсодержащую группы [Wasson, 2003].

В настоящей работе получены новые данные по составу необычных фрагментов из палласита Омолон (основная группа), которые рассматриваются с точки зрения космохимической истории палласитов. Определения элементов во фракциях проводились в Центральной лаборатории анализа вещества ГЕОХИ РАН оптимизированным вариантом инструментального нейтронно-активационного анализа. Метод разработан для анализа внеземного вещества [Колесов, 2001] с использованием программ вычитания спектров радионуклидов матричных элементов из общих спектров анализируемых образцов [Шубина, 2003].

В палласите Омолон выделены четыре фрагмента с высоким содержанием тугоплавких литофильных элементов (ТЛЭ). Состав приведен на рис. 1–3. Степень обогащения легкими РЗЭ во всех фрагментах палласита Омолон выше, чем в грубозернистых CAI хондрита Allende [Grossman, 1977] и во фрагментах хондрита Каинсаз CO, обогащенных ТЛЭ [Люль, 1990]. В меньшей мере каждый фрагмент палласита Омолон обогащен Yb и Lu. Во фрагментах N, O, P и R наблюдается заметное фракционирование между легкими и тяжелыми РЗЭ –  $(La/Lu)_N / (La/Lu)_{C1} = 9.7$ ;  $(La/Lu)_O / (La/Lu)_{C1} = 5.2$ ;  $(La/Lu)_P / (La/Lu)_{C1} = 6.6$ ;  $(La/Lu)_R / (La/Lu)_{C1} = 16.2$  с положительными аномалиями Eu в N – фрагменте и отрицательными Eu аномалиями в O и R фрагментах. Такое фракционирование РЗЭ не характерно для CAI CV хондритов [Taylor, 1978], но оно проявляется в некоторых включениях хондритов других типов. Это включения OSKAR, RNZ стекла амбовидного включения в хондрите Ornans CO [Noonan, 1977; Palme, 1982; Davis, 1985], включения BB – 1 – 10, SH – 2, SH – 5 в хондрите Murchison CM [Ekambaram, 1984, 1984a], некоторые слои каемки FUN включения HAL в хондрите Allende CV [Davis, 1982], а также во фрагментах KS1, KS2 и KS3 в хондрите Каинсаз CO [Люль, 1990]. В хондрите Каинсаз степень фракционирования между легкими и тяжелыми РЗЭ увеличивается с возрастанием в них содержания скандия. Обогащены скандием и перечисленные выше включения с таким же типом фракционирования РЗЭ. Во фрагментах палласита Омолон степень фракционирования между легкими и тяжелыми РЗЭ увеличивается с возрастанием в них содержания Na. Очевидно, легкие РЗЭ, Na и Th входят в один минерал. В палласитах фазой-носителем для таких элементов как Na, K, U и Th являются фосфаты [Buseck, 1977]. В палласите Омолон обнаружены два фосфата [Sharygin, 2006]: стенфилдит  $Ca_4 Mg_3 Fe_2 (PO_4)_6$  и витлокит  $(Ca Mg Fe^{2+})_3 (PO_4)_2$ . Витлокит в данном случае представляет геохимический интерес, поскольку в нем содержится то небольшое количество щелочей, которые имеются в палласитах [Buseck, 1977]. Следовательно, легкие РЗЭ, Na и Th во фрагментах концентрируются в витлоките. Davis and Olsen [Davis, 1991, 1996] наблюдали высокие содержания редкоземельных элементов в Ca и Mg фосфатах в немагнитной фракции палласитов. Согласно их модели высокая

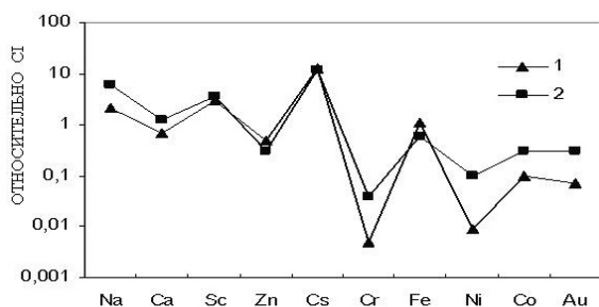


Рис. 1. Нормированные к С1-хондритам содержания элементов во фрагментах N и O из палласита Омолон. 1 – фрагмент N (коричнево-красное стекло); 2 – фрагмент O (темно-коричневое стекло).

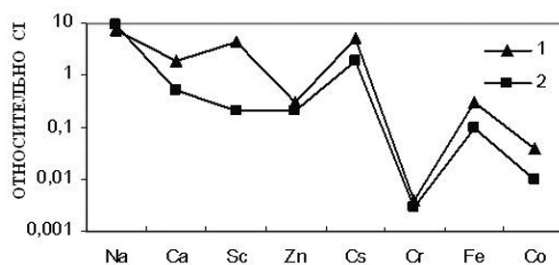


Рис. 2. Нормированные к С1-хондритам содержания элементов во фрагментах P и R из палласита Омолон. 1 – фрагмент P (полупрозрачная зеленовато-серая порода); 2 – фрагмент R (светлая плотная порода).

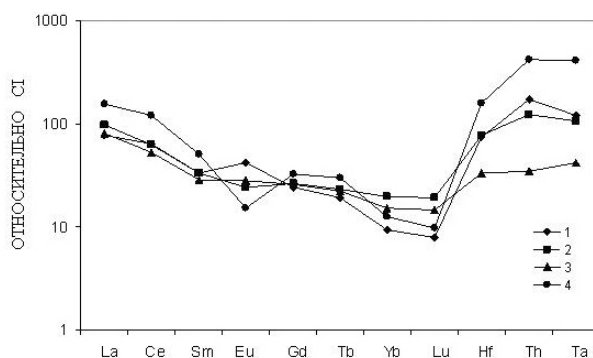


Рис. 3. Нормированные к С1-хондритам содержания редких элементов в N, O, P и R фрагментах из палласита Омолон. 1 – фрагмент N (коричнево-красное стекло), 2 – фрагмент O (темно-коричневое стекло), 3 – фрагмент P (полупрозрачная зеленовато-серая порода), 4 – фрагмент R (светлая плотная порода).

распространенность редких земель контролируется образованием фосфатов на границе оливин – металл. Очевидно, что фрагменты в палласите Омолон обогащены фосфатами.

## Заключение

Необычный химический состав фаз и высокая степень фракционирования РЗЭ во фрагментах указывают на их образование при высоких температурах на ранней стадии эволюции Солнечной системы. Фазы-носители аномальных литофильных элементов во фрагментах могут быть сохранившимися реликтами первых конденсатов в ДПО.

## Литература

- Колесов Г. М., Шубина Н. А., Люль А. Ю. Оптимизация инструментального нейтронно-активационного анализа внеземного вещества: фрагментов лунных пород, метеоритов, хондр и ультратугоплавких включений. // Журнал аналитической химии. 2001. Т. 56. № 11. С.1169–1172.
- Люль А. Ю., Колесов Г. М., Лаврухина А. К. Распределение тугоплавких элементов в фрагментах углистого хондрита Каинсаз СО // Геохимия. 1990. № 10. С. 1467–1475.
- Шубина Н. А., Колесов Г. М. Снижение пределов нейтронно-активационного обнаружения микроэлементов в искусственных и природных материалах вычитанием спектров радионуклидов матричных элементов из общего спектра исследуемого образца // Журнал аналитической химии. 2003. Т. 58. № 9. С. 980–986.
- Buseck P. R., Holdsworth E. Phosphate minerals in pallasite meteorites // Mineral. Mag. 1977. V. 41. № 317. P. 91–102.
- Davis A. M., Tanaka T., Grossman L. et al. Chemical composition of HAL, an isotopically-inusual Allende inclusion. // Geochim. Cosmochim. Acta. 1982. V. 46. № 9. P. 1627–1651.

- Davis A. M., Hinton R. W.* Trace element abundances in OSCUR, a scandium-rich refractory inclusion from the Ornans meteorite. // *Meteoritics*. 1985. V. 20. № 4. P. 633–634.
- Davis A. M. and Olsen E. J.* Phosphates in the pallasite meteorites as probes of mantle processes in small planetary bodies. // *Nature*. 1991. V. 353. P. 637–640.
- Davis A. M. and Olsen E. J.* REE patterns in pallasite phosphates. – A window on mantle differentiation in parent body // *Meteorit. Planet. Sci.* 1996. Vol. 31. P. A 34–A 35.
- Ekambaram V., Kawabe I., Tanaka T. et al.* Chemical composition in the Murchison C2 chondrite. // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1984. V. 48. № 10. P. 2089–2105.
- Ekambaram V., Sluk S., Grossman L., Davis A.M.* Trace elements in high-temperature inclusions from Murchison // *Meteoritics*. 1984a. V.19. № 4. P. 222–223.
- Grossman L., Ganapathy R., Davis A. M.* Trace elements in the Allende meteorite- III. Coarse-grained, Ca-rich inclusions nevisited // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1977. V. 41. № 11. P.1647–1664.
- Noonan A. F., Nelen J., Fredriksson F.* Zr-Y oxides and high-alkali glass in ameoboid inclusion from Ornans // *Meteoritics*. 1977. V. 12. № 3. P.332–335.
- Palme H., Wlotzka F. Nagel K., El Goresy A.* An ultrarefractory inclusion from the Ornans carbonaceous chondrite // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1982. V. 61. № 1. P. 1–12.
- Sharygin V. V., Kovyasin S. V., Podgornykh N. M.* Mineralogy of olivine hosted inclusions from the Omolon pallasite. // *Lunar Planet. Sci. Conf. 37<sup>th</sup>*. Houston: LPI, 2006, CD #1235.
- Taylor S. R.* Chemical characteristics of Ca-Al inclusions in the Allende meteorite // *Proc. Lunar Planet. Sci.* 8th. 1978. P. 1158–1160.
- Taylor S. R.* Chemical characteristics of Ca-Al inclusions in the Allende meteorite // *Proc. Lunar Planet. Sci.* 8th. 1978. P. 1158–1160.
- Wasson J. T. and Choi B. G.* Main-group pallasites: chemical composition, relationship to III AB irons, and origin. // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2003. V. 67. № 16. P. 307–309.