

О некоторых результатах томографического и электронно-зондового исследования т.н. «частиц с аномальным алюминием», доставленных АЛС «Луна-20»
Зайцев В.А. Кафедра минералогии геологического факультета МГУ
Самородский П.Н. лаборатория ГНЦ РФ ВНИИГеосистем

Среди грунта, доставленного АЛС Луна-20, при проведении нейтронно-активационного анализа была выделена группа аномально-высокоглиноземистых частиц, известная как частицы с аномальным алюминием. В эту группу вошли 6 образцов, три из которых были любезно предоставлены автору лабораторией сравнительной планетологии ГЕОХИ РАН. Образцы 2004-191 и 2004-192 представляют собой обломки пород светло-желтого цвета, тогда как образец 2004-182 макроскопически диагностируется как обломок кристалла плагиоклаза (Тарасов и др., 1997, частное сообщение).

Образцы были исследованы методом рентгеновской томографии в лаборатории ГНЦ РФ ВНИИ Геосистем на приборе ВТ-50-12 Геотом, сканирующей электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа в лабораториях кафедр минералогии и петрографии геологического факультета МГУ на приборах SAMSCAN и САМЕСА при ускоряющем напряжении 15 kV и токе 1нА. Аналитики Е.В. Гусева и Н.Н. Кононкова соответственно. Время анализа составляло 100 с.

Рентгеновская томография показала, что

-) Образец 2004 182 состоит из однородного вещества, характеризующегося амплитудой ослабления $1.1 \pm 0.1^*$.

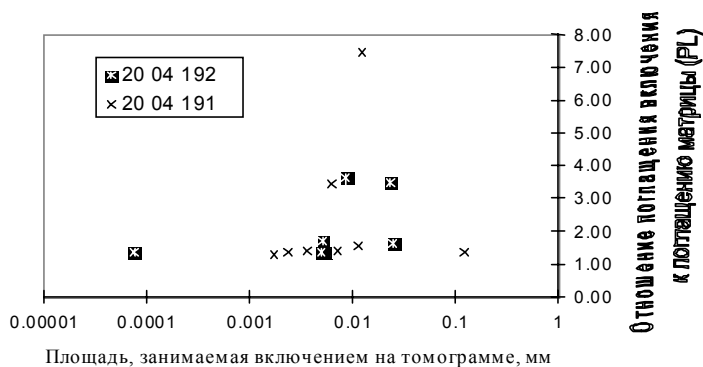


Рис. 1

Типизация включений по данным рентгеновской томографии

-) В образце 2004 191 обнаружены включения сильно поглощающих фаз в однородной матрице с коэффициентом поглощения 1.1 ± 0.1 .

-) В образце 2004 192 включения сильно поглощающих фаз наблюдаются в неоднородной матрице. Эта неоднородность имеет характер «Леопардовой шкуры» со светлыми (поглощение 1.0-1.2) пятнами на темном 1.3-1.4 фоне. Характеристика сильно поглощающих фаз дана на рис. 1.

На этом рисунке видно, что точки группируются около отдельных линий, характеризующих различные типы вещества. Для комплексного минералогического изучения были выбраны наиболее информативные сечения образцов [3].

* Здесь и далее амплитуды поглощения приведены к амплитуде ослабления алюминиевого стандарта диаметром 0.5 мм равной 1, если не оговорено обратное.

Изучение этих сечений методом оптической и электронной микроскопии и электронного микроанализа показывает, что:

-) Образец 2004 182 сложен чистым незональным плагиоклазом.

-) Основная масса образца 2004 191 состоит из зерен плагиоклаза, пироксена и оливина размером до 15 мкм, редко больше. Она содержит металлические включения размером до 140 мкм.

-) Образец 2004 192 сложен породой, состоящей из крупных (до 400 мкм) зерен плагиоклаза, погруженных в матрицу, аналогичную породе образца 2004 191. В ней обнаружены включения металла, а также зерна алюмохромита, Fe-Ti-оксидной фазы (все менее 3 мкм) а также не диагностированного сульфида (размером менее 1 мкм). Включения металла, обнаруженные в образцах имеют амёбовидную (крупные) либо округлую (мелкие) форму и состоят из камасита в котором обнаруживаются выделения когенита в виде характерных лодочек. Форма зерен когенита убеждает, что это результат выделения из твердого раствора металл-углерод, а форма металлической частицы - в ликвационном ее генезисе.

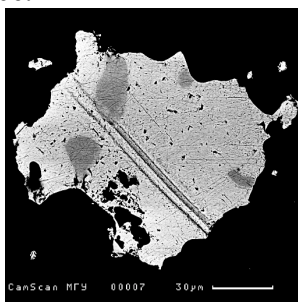


Рис. 2

Крупная металлическая частица в силикатной матрице (черное). Светло-серое - камасит с выделениями когенита (темно-серое).

На разрезах микрозондовыми анализами «площадкой» был оценен средний состав породы. Эти анализы вместе с данными нейтронной активации приведен в таблице. Рассмотрение этой таблицы показывает, что в анализах ИЯФ ЧАН содержания

Содержания главных петрогенных окислов по данным нейтронно-активационного и рентгеноспектрального анализа.

Анализ	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O
182-2	44.8	-	35.911	-	-	0.147	18.58	0.504
182-1	44.7	-	35.724	0.3	-	-	18.759	0.341
182, A				0.951995			18.60905	0.444825
182, B			37.8290 5		0.058105	1.410864	19.69761	0.427491
191-8	44.5	-	27.476	4.011	-	8.6	14.779	0.454
191-9	42.7	-	27.056	7.108	-	7.924	14.599	0.418
191, A		0.366964		6.303748			16.23045	0.485264
191, B		0.367831	46.6346 9		0.130439	21.54743	25.08724	0.690989
192-8	43.1	-	29.594	5.392	-	5.821	15.583	0.336
192, A		0.316923		3.473494			14.13168	0.363948
192, B		0.312636	43.6999 8		0.089094	13.73337	23.63209	0.616407

Примечание: Анализы с пометкой А - ЦАЛ ГЕОХИ РАН, с пометкой В - ИЯФ ЧАН, предоставлены лабораторией сравнительной планетологии и метеоритики, а 182-1, 182-2, 191-8, 191-9 и 192-8 - рентгеноспектральные анализы Camscan МГУ, наши данные.

Ca, Mg и Al сильно завышены. По классификации М. Принца (1979), образец 2004 191 является анортозитовым троктолитом, а образец 2004 192 - на норитовым или троктолитовым анортозитом - обычными материковыми породами.

Сопоставляя томографические картины с наблюдениями в отраженном свете и электронно-микроскопическими наблюдениями можно утверждать, что линейно-вытянутые участки с повышенным поглощением соответствуют промежуткам между кристаллами плагиоклаза, заполненные оливин-пироксен-плагиоклазовой массой. Группа включений с минимальным поглощением должна быть интерпретирована как крупные кристаллы оливина или пироксена, а группа включений с поглощением 3-4 относительно основной массы – как металлическая фаза на основе камасита. включение с наивысшим поглощением оказалось утраченным при подготовке образцов. Пользуясь обзором Дж. Фронделл [4] был составлен список лунных минералов, содержащих тяжелые металлы. После этого были сделаны модельные эксперименты для получения зависимости амплитуды поглощения от размера частиц для этих веществ. Результаты этих экспериментов приведены на рис. 3. На этот же

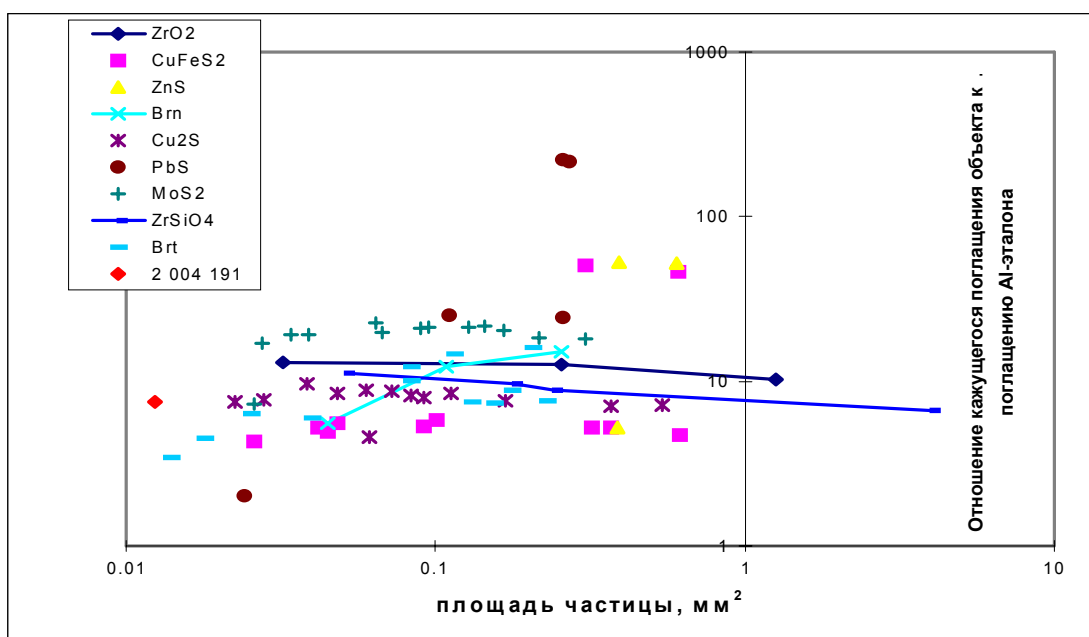


Рис. 3

Результаты модельных томографических экспериментов. "Загадочное" включение обозначено 2004 191.

рисунок вынесено положение высокопоглощающего включения из образца 2004 191. Видно, что эта точка ближе всего к линии халькозина.

Если обратиться к диаграмме устойчивости сульфидов в зависимости от температуры и активности серы [1], легко видеть, что ассоциация халькозина с самородным железом стабильна при температуре выше 380°C.

1. Barton P.B., Skinner B.J. Sulphide mineral stabilities. In Barnes H.L. ed. Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 2nd ed: Wiley, New York, pp. 278-403
2. Prinz, M. Dowty E. Klaus K. Bunsh T.E. Mineralogy, petrology and chemistry of little fragments from Luna 20 thins: origin of the cumulate ANT suite and its relationship to high-alumina and mare basalts . Geochimica et cosmochimica acta 1973 vol. 37 p.979-1006
3. Зайцев В.А., Самородский П.Н. Применение рентгеновской томографии для исследования частиц лунного грунта - Доклад на дне научного творчества Геол. ф-та МГУ, 1998 г.
4. Фронделл Дж. Минералогия Луны Москва, Мир 1978 338 с.