

Ю. А. ДОЛГОВ, Н. В. ВАСИЛЬЕВ, Н. А. ШУГУРОВА, Ю. А. ЛЬВОВ,
Ю. Г. ЛАВРЕНТЬЕВ, Ю. А. ГРИШИН

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СИЛИКАТНЫХ ШАРИКОВ ИЗ ТОРФОВ РАЙОНА ПАДЕНИЯ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

(Представлено академиком В. С. Соболевым 22 VI 1970)

Состав силикатной составляющей космической пыли в настоящее время исследован слабо. Есть только единичные публикации в этой области (¹). Сведения о составе газовой фазы, включенной в частицы космической пыли, в доступной нам литературе отсутствуют.

Целью настоящей работы было изучение химического состава силикатных микросферул из торфов района Тунгусского падения и состава газов во включениях. Торф как субстрат поисков космического вещества имеет ряд преимуществ перед почвой: он поддается стратификации, вторичное его переотложение практически исключено, есть возможность выделения из него не только магнетитовой, но и силикатной фракции космической пыли. Следовательно, в отличие от анализа микросферул из почвы (¹), исследование торфа дает возможность анализа силикатных частиц с хронологией их выпадения.

Суть методики работы состояла в следующем. Образцы торфа из района падения Тунгусского метеорита обрабатывались отмывкой на ситах и последующим сжиганием органики при температуре 600° (²). Для анализов использовались шарики, извлеченные из слоя торфа, расположенного на глубине 27—36 см и включающего в себя прирост мха 1908 г. Кроме того, несколько шариков было извлечено из отмых неотожженных проб.

Шарики из отожженных проб по внешнему виду можно разделить на четыре группы: 1) прозрачные бесцветные; 2) прозрачные голубовато-зеленые; 3) непрозрачные (белые и цветные); 4) черные. Размер шариков всех групп колеблется от 10 до 180 м, хотя встречаются единичные частицы 1-й и 3-й групп диаметром до 1,4 мм. Как правило, в шариках 1-й и 2-й групп есть газовые включения различного объема. Довольно часто встречаются пустотелые шарики, в стенках которых имеются мельчайшие пузырьки газа, а также шарики «пенистые», т. е. со множеством мелких газовых включений (см. рис. 1).

В неотожженных пробах обнаружены шарики 1-й группы диаметром 20—40 м и 4-й группы диаметром 20—40 м. Прозрачные шарики из этих проб чаще всего полые, с толщиной стенок 1—3 м.

Шарики 1-й и 2-й групп из отожженных проб были исследованы на рентгеноспектральном микрозонде «Самеса» в Институте геологии и геофизики Сибирского отделения АН СССР. Состав их приведен в табл. 1. Можно отметить, что вещество шариков не гомогенно и состав их меняется от точки к точке в пределах 3—5% от содержания элемента. Это нашло свое отражение в суммах анализов. Для шариков характерно также высокое содержание натрия. Следствием является, очевидно, относительно низкая температура плавления сферул (700—750°).

Был также проведен волюмометрический микроанализ газов из включений в шариках из отожженных и неотожженных проб. Анализы велись на H₂S + SO₂, CO₂, CO, O₂, H₂, а по остатку определялись N₂ + редкие газы. В группе H₂S + SO₂ возможны также NH₃, HCl и HF. Чувствитель-

ность метода 0,5—1%, среднеарифметическое отклонение 4%, среднеквадратическое отклонение 0,4%. Результаты анализов приведены в табл. 2. Там же содержится данные по составу газовых включений из тектитов и обсидианов (3, 4).

Полученные результаты позволяют провести некоторые сравнения состава обнаруженных сферул из района Тунгусского падения с составом: а) земных пород, б) лунных пород, в) метеоритов, г) тектитов и д) сили-

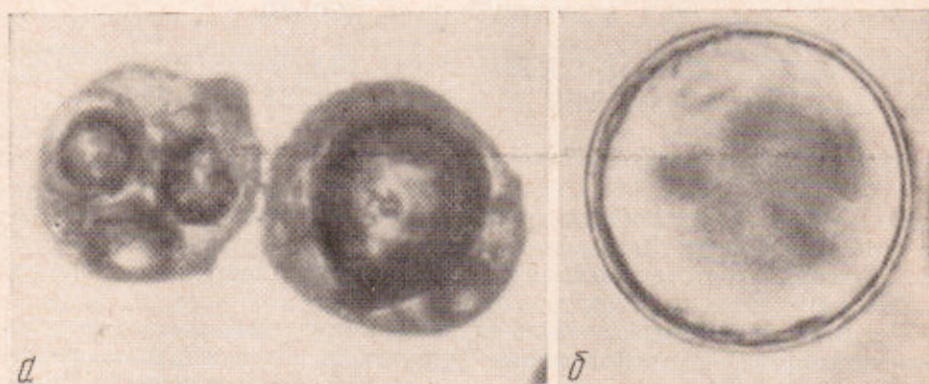


Рис. 1. а — шарики с несколькими пузырьками (600×), б — шарик тонкостенный полый (1000×). Снимки в проходящем свете

катной фракции космической пыли из почв района Тунгусского падения по более ранним анализам.

Микросферулы и земные породы. По составу микросферулы не похожи ни на какие из известных земных пород. По высокому содержанию кремния (SiO_2) состав обнаруженных шариков близок к гранитам, диоритам и риолитам, аплитам и аляскитам, однако отличается от них высоким содержанием щелочей, в особенности Na_2O . Суммарное значение щелочей находится в пределах 12,5—15,4%.

Таблица 1

№ обр.	SiO_2	Al_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	Сумма
304-1	71	7,79	1,85	0,44	1,07	11,6	1,39	0,36	0,01	95,9
304-2	76,1	3,83	1,61	0,60	2,37	14,2	1,22	0,52	0,02	100,49
304-3	65,2	7,28	3,04	0,48	2,32	11,3	1,16	0,42	0,01	91,22

Коэффициент агпаитности по Гольдшмидту и Ферсману составляет для приведенных в табл. 1 анализов 1,9; 2,5; 4,2 соответственно. В системе кремнезем — агпаитность (5) фигуративные точки этого соотношения для трех шариков не имеют соответствия с известными земными породами.

Микросферулы и лунные породы. По данным предварительного изучения лунных образцов (6), доставленных «Аполло-11», и результатам дальнейших исследований (7) можно отметить, что лунные породы резко отличаются от сферул с места Тунгусского падения по содержанию главных окислов: пониженным содержанием SiO_2 , резко пониженным содержанием Na_2O и K_2O и высоким содержанием TiO_2 , FeO , MgO и CaO , и лишь содержание Al_2O_3 приблизительно одинаково.

Причинами этих различий может быть: а) Луна — негомогенное образование, и можно ожидать находок других пород; б) сферулы, относящиеся к Тунгусскому падению, не представляют собой ни лунного, ни земного материала.

Микросферы и метеориты. По данным (8, 9), каменные метеориты имеют состав, резко отличающийся от состава описываемых шариков: обычно значительно меньше SiO₂ и значительно больше MgO.

Микросферы и тектиты. Не приводя детальных сравнений (2, 9), можно отметить, что тектиты явно тяготеют к породам гранитоидного состава, тогда как состав исследуемых шариков сильно отличается от них главным образом повышенным содержанием щелочей и обратным соотношением Na₂O/K₂O при близком содержании Al₂O₃, SiO₂, CaO, MgO, Fe_{общ}.

Таблица 2

№ обр.	$\frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{вкл}}}$	H ₂ S + SO ₂ + NH ₃	CO ₂	CO	O ₂	H ₂	N ₂ + редкие газы	Группа
Космическая пыль								
Отожженные пробы								
304-4	0,012	4,5	95,5	0	0	0	0	A
304-5	0,019	4,7	95,3	0	0	0	0	A
304-6	0,008	8,0	92,0	0	0	0	0	A
622-1	0,042	0	90,0	0	0	10	0	B
622-2	0,018	0	91,4	0	0	8,6	0	B
132-1	0,43	17,0	83,0	0	0	0	0	A
Неотожженные пробы								
104-1	0,4	5,5*	57,8	10,3	0	8,6	17,9	B
104-2	0,35	0	46,7	15,9	0	14,9	22,6	B
Тектиты								
Молдавит	0,0016	4,2	53,0	0	0	40,0	2,6	B
Индонинит	0,13	0	91,2	0	0	8,8	0	B
Филлипинит	0,0012	0	100,0	0	0	0	0	

Примечание. Газовые включения в обсидианах по составу делятся на две группы: это либо чистый CO₂, либо O₂ + N₂ в атмосферном соотношении. Отмеченные звездочкой данные, вероятнее всего, относятся к NH₃, так как маловероятно сосуществование CO + H₂S или CO + SO₂.

Микросферы и силикатная пыль из почв района Тунгусского падения. Описываемые сферы отбирались из стратифицированных слоев мха, который, кроме глубины залегания, можно отнести ко времени Тунгусского падения еще и по признаку резкого превышения количества шариков в пробе по сравнению с выше- и нижележащими слоями торфа. Шарик же, описанный в (1), были взяты из почвы, а значит, как отмечают и сами авторы, совершенно не исключена возможность их индустриального происхождения (особенно в последнее десятилетие). Этим, возможно, и объясняется отличие наших результатов от данных (1).

По составу газовых включений шарики четко разделяются на три группы. У шариков из отожженных проб группы А газовая фаза представлена смесью CO₂ и неразделенными H₂S, SO₂ и NH₃; при этом основную роль играет CO₂. Состав газовой смеси отожженных шариков группы Б характеризуется смесью CO₂ и H₂. Шарик из неотожженных проб имеет более сложный состав газовой фазы. Отличие состава газа от атмосферного, а также разрежение во включениях ($V_{\text{п}}/V_{\text{вкл}}$ — отношение объема газа при атмосферном давлении к объему нескрытого включения) свидетельствует о герметичности включений и отсутствии диффузии (в составе газовых смесей включений нет воздушного компонента).

Авторы благодарны Т. Менявцевой, В. Батуриной, С. Грязновой, Н. Коротковой и всем участникам метеоритной экспедиции КСЭ-11, проводившим работу по отбору и обработке космической пыли, а также Н. В. Соболеву за помощь в проведении анализов.

Особую благодарность авторы выражают акад. В. С. Соболеву за внимание, помощь и ценные советы.

Комплекс по метеоритам и космической пыли
Сибирского отделения Академии наук СССР
Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения Академии наук СССР
Новосибирск

Поступило
12 VI 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. Р. Glass, Science, 164, № 3879 (1969). ² Ю. А. Львов, И. В. Антонов и др., Обнаружение космической пыли в некоторых природных объектах Сибири, Новосибирск, 1970. ³ Ю. А. Долгов, Н. А. Шугурова, Ю. Ф. Погребняк, ДАН, 184, № 6 (1969). ⁴ Ю. А. Долгов, Ю. Ф. Погребняк, Н. А. Шугурова, Геохимия, 5 (1969). ⁵ К. Б. Зарянов, Тр. Всесоюз. н.-и. инст. пьезооптич. мин. сырья, 4, в. 16 (1960). ⁶ Science, 164, № 3899, 1211 (1969). ⁷ S. O. Agrell, J. H. Scoon et al., Science, 167, № 3918 (1970). ⁸ А. Н. Заварицкий, Л. Г. Кваша, Метеориты СССР, М., 1952. ⁹ G. P. Merrill, Structure of Meteorites, Washington, 1930, Bull. 149.