

**Проблема генезиса магнитных сферул в вулканогенных отложениях****Д.П. Савельев, О.Л. Савельева, С.В. Москалева***Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: [savelyev@kscnet.ru](mailto:savelyev@kscnet.ru)*

Магнитные сферулы – частицы идеальной сферической формы, богатые оксидами железа – описаны в различных отложениях, в том числе в вулканогенных образованиях Камчатки [1, 4, 7]. Иногда авторы относят такие шарики к вулканогенным без дополнительных исследований, только на основании генезиса вмещающих пород. Однако опыт изучения магнитных сферул из железомарганцевых корок, драгированных с гайотов Тихого океана [2, 3], позволяет утверждать, что такой подход неверен. Более корректным представляется отнесение таких сферул к частицам неясного генезиса или невулканического происхождения, как это сделано в [7]. Магнитные сферулы, богатые оксидами железа, могут быть космогенными, вулканогенными или техногенными. Для их различения часто требуется изучение химического состава и внутренней структуры частиц. Внешний облик космогенных сферул, выделенных нами из железомарганцевой корки, драгированной с одного из гайотов Магеллановых гор, очень сходен с изображениями сферул, выделенных из камчатских вулканогенных образований (рисунок). Сферулы из железо-марганцевой корки были изучены в ИВиС ДВО РАН на сканирующем микроскопе и в объеме, и в полированных образцах, что позволило доказать их идентичность космогенным сферулам из океанических осадков [2].

Сферулы внеземного происхождения хорошо изучены, им посвящены сотни публикаций, в том числе в ведущих международных журналах [5, 6]. Для космогенных сферул разработана четкая модель их образования, проверенная экспериментально. Большая их часть представляет результат плавления и быстрой закалки частиц космической пыли, на большой скорости входящих в атмосферу Земли. При этом экстремальные температуры превосходят 2400 °С, что приводит к испарению большей части материала космической частицы, в том числе части металлической фазы. В некоторых случаях от всей сферулы остается только высокофракционированный самородок, состоящий в основном из Os и Ir [5]. При вулканических процессах температуры не достигают таких значений. Также космогенные сферулы могут образоваться в результате абляции более крупных космических тел – железных или железо-каменных метеоритов. Признаками космогенного происхождения сферул считается сходство состава минералов или самих сферул с метеоритным веществом, наличие Fe-Ni ядра, примесь Ni в составе оксидной оболочки, наличие вюстита (FeO). Однако отсутствие этих признаков не означает полного отрицания космического генезиса. Однозначно о внеземном происхождении частиц можно судить по наличию в их составе космогенных изотопов некоторых элементов, например, <sup>53</sup>Mn [5], однако такие исследования проводятся достаточно редко. Вещество метеоритов можно уверенно идентифицировать по соотношению изотопов кислорода, которое отличается для пород группы Земля-Луна от других космических объектов. Однако, для космогенных сферул, состоящих из оксидов железа, этот критерий не работает, поскольку окисление сферул происходит в атмосфере Земли. На основании исследований последних лет можно добавить еще один признак космического происхождения сферул – наличие в Fe-оксидной матрице микросамородков платиноидов. Но, опять же, отсутствие таких самородков в одной конкретной сферуле не говорит о каком-либо другом генезисе, поскольку, по нашему опыту, их удается обнаружить менее чем в 1 % космогенных сферул, изученных в полированных препаратах.

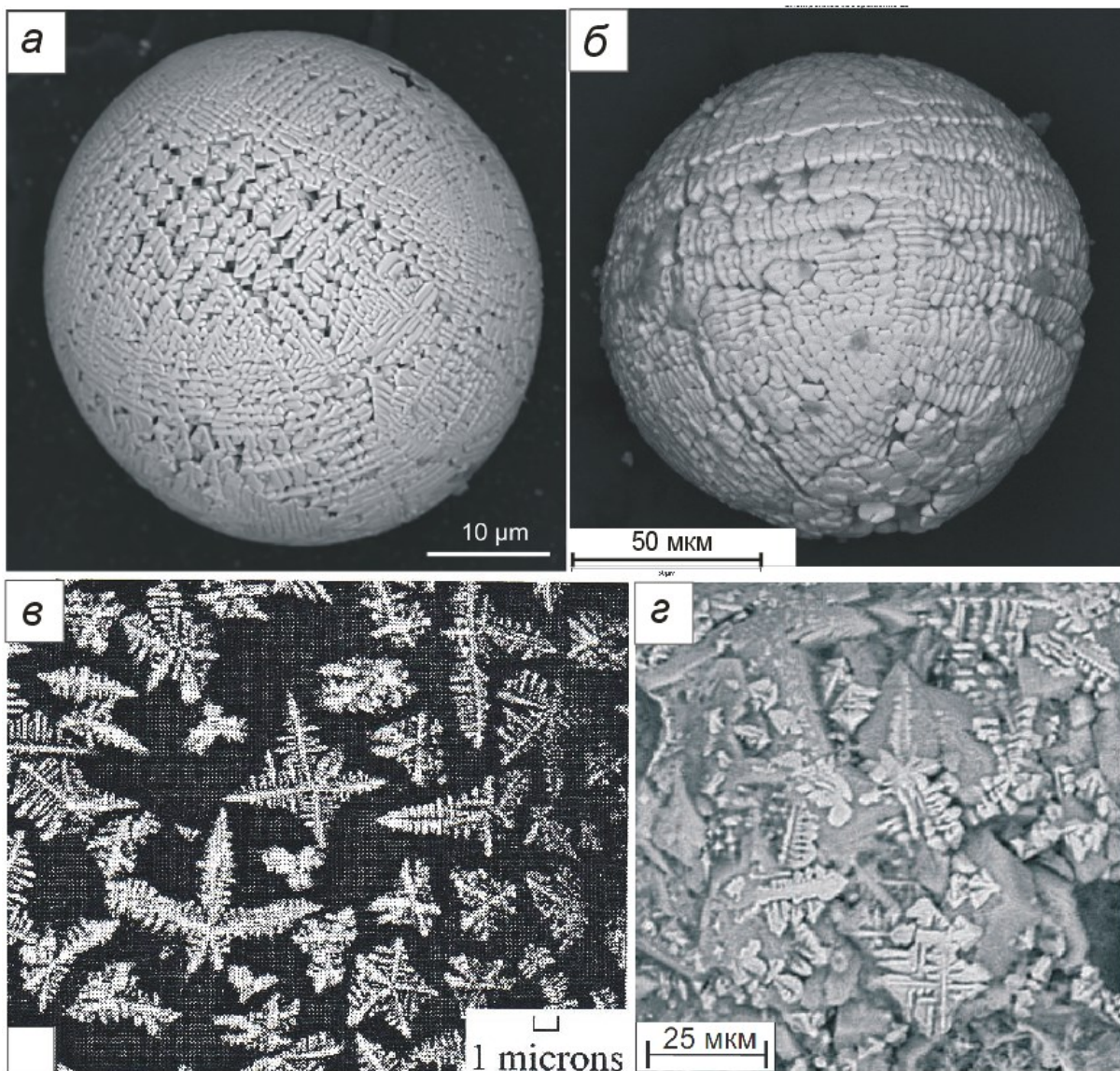


Рисунок. Сравнение магнитных сферул из аэрозолей вулканов Камчатки и из железомарганцевой корки со дна Тихого океана. а – сферула из аэрозолей извержения Толбачинского дола 2012-2013 гг. (рис. из [7]); б – сферула из железомарганцевой корки гайота Федорова; в – фрагмент поверхности сферической частицы из аэрозолей вулкана Плоский Толбачик (рис. из [1]); г – фрагмент поверхности сферулы с дендритами магнетита из железомарганцевой корки [2].

По разным оценкам, на Землю ежедневно поступает от тонн до сотен тонн космического вещества. Значительную часть этой массы составляют частицы космической пыли, которые после плавления и закалки захораниваются во всех породах, накопление которых происходит на поверхности Земли. Поэтому нельзя исключить попадания космогенных сферул в вулканические аэрозоли и туфогенные отложения.

В отличие от сферул космического происхождения, для вулканогенных сферул не выработаны общепринятые критерии их генетической идентификации и не разработаны непротиворечивые модели их образования. В частности, температуры, характерные для извержения базальтовых магм (до 1200-1250 °С), ниже температур плавления оксидов железа (1591 °С для магнетита и 1374 °С для вюститита), поэтому формирование сферул оксидов железа непосредственно из вулканического расплава невозможно. Видимо, часть сферул, отнесенных авторами к вулканогенным, при более тщательном изучении могут оказаться космогенными. В связи с этим сохраняет свою

актуальность проблема определения генезиса магнитных сферул в различных отложениях.

#### Список литературы

1. *Муравьев Я.Д., Ашихмина Н.А., Овсянников А.А., Философова Т.М.* Опыт изучения аэрозолей из кратерного ледника вулкана Плоский Толбачик (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2002. № 6. С. 29-35.
2. *Савельев Д.П., Ханчук А.И., Савельева О.Л. и др.* Первая находка платины в космогенных сфераулах железомарганцевых корок (гайот Федорова, Магеллановы горы, Тихий океан) // Доклады Российской Академии наук. Науки о Земле. 2020. Т. 491. № 2. С. 15-19.
3. *Савельева О.Л., Савельев Д.П., Москалева С.В.* Космогенные сферулы в океане // Природа. 2020. № 7. С. 31-36.
4. *Сандимирова Е.И., Главатских С.Ф., Рычагов С.Н.* Магнитные сферулы из вулканогенных пород Курильских островов и Южной Камчатки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2003. № 1. С. 135-140.
5. *Brownlee D.E., Bates D.A., Wheelock M.M.* Extraterrestrial Pt-group nuggets in deep sea sediments // Nature. 1984. V. 303. P. 693-695.
6. *Finkelman R.B.* Magnetic particles extracted from manganese nodules: Suggested origin from stony and iron meteorites // Science. 1970. V. 167. P. 982-984.
7. *Zelenski M., Kamenetsky V.S., Taran Y., Kovalskii A.M.* Mineralogy and origin of aerosol from an arc basaltic eruption: Case study of Tolbachik volcano, Kamchatka // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2020. V. 21. № 2. e2019GC008802.