

Литература

Богданов Ю. А., Лисицын А. П., Сагалевич А. М., Гурвич Е. Г. Гидротермальный рудогенез океанического дна. М.: Наука, 2006. 527 с.

Лысенко В. И. Находка следов триасового палеовулканизма в западной части южного берега Крыма // Металлогения древних и современных океанов–2017. Дифференциация и причины разнообразия рудных месторождений. Миасс: ИМин УрО РАН, 2017. С. 37–42.

М. С. Глухов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань
gluhov.mikhail2015@yandex.ru

Сравнительный анализ природных и техногенных магнитных микросферул

(научный руководитель д.г.-м.н. Р. Х. Сунгатуллин)

Исследование магнитных микросферул диаметром менее 1 мм продолжительное время привлекает внимание ученых естественных наук [Nordenskjold, 1874; Muggay, 1876; Васильев и др., 1975; Сокол и др., 2001; Осовецкий, Меньшикова, 2006; Карпов, Мохов, 2010; Лукин, 2013; Макаров и др., 2017; Glukhov et al., 2018; Sungatullin et al., 2018]. Микросферулы встречаются как в природных (древние осадочные породы, импактиты, аллювий современных рек, пустыни, снежные покровы и льды), так и в техногенных (металлургические шлаки, золы углей и др.) объектах. Имеются различные критерии природного и техногенного происхождения подобных микрочастиц. Так, например, идеальная сферичность, металлический блеск, наличие текстур на поверхности микросферул, примесей хрома и никеля, а также отсутствие примеси титана могут указывать на их космическое происхождение [Glukhov et al., 2018; Sungatullin et al., 2018]. Однако фиксируется не только разница, но и многие черты сходства в строении (наличие дендритовидных текстур на поверхности) и составе (магнетит и вюстит) микросферул разного происхождения, что затрудняет определение их генезиса [Сокол и др., 2001; Карпов, Мохов, 2010; Лукин, 2013].

Цель настоящей работы – выработка новых критериев для определения генезиса природных и техногенных микросферул. В задачи исследования входило изучение морфологических особенностей внутренней и внешней частей природных и техногенных магнитных микросферул, а также их химического состава. Объектами исследования явились природные микросферулы (диаметр 5–300 мкм) из импактитов кратеров Попига́й (1 обр.) и Рис, Германия (10 обр.), пермских эвапоритов Камско-Устинского месторождения гипса (25 обр.) и Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (27 обр.), 1 микросферула из кунгурских отложений разреза Мечетлино (Предуральский прогиб) и техногенные микросферулы (диаметр 50–1000 мкм) из золы уноса углей Нижне-Турьинской ТЭС (20 обр.) и сварочного шлака (5 обр.).

Объекты для исследований предоставлены автору профессором кафедры геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых УГТУ А. Б. Макаровым (микросферулы из золы уноса углей), научным сотрудником ГЕОХИ РАН

А. В. Корочанцевым (импактиты), научным сотрудником научно-исследовательской лаборатории «Геофизические и геоинформационные технологии» КФУ Р. И. Кадыровым (гипсы Камско-Устинского месторождения) и ведущим научным сотрудником ЦНИИгеолнеруд А. К. Вишняковым (образцы Верхнекамского месторождения солей).

Микросферулы отбирались из порошковых проб с помощью неодимового магнита, препарировальной иглы и бинокля. Исследования поверхности микросферул проводились с применением электронного микроскопа Phillips XL-30, оснащенного энергодисперсионным спектрометром, при ускоряющем напряжении 20 кэВ и рабочем отрезке 8.9–15 мм, глубине зондирования 1.0–1.5 мкм и точности измерения 0.1–1 % (КФУ, оператор Б. М. Галиуллин). Неразрушающие исследования порового пространства микросферул проводились на рентгеновском микротомографе Phoenix V|tome|X S 240 с нанофокусной рентгеновской трубкой с максимальным ускоряющим напряжением 180 кВ и мощностью 15 W (КФУ, оператор Е. О. Стаценко).

В результате выявлено, что все природные объекты имеют идеальную сферичность и поверхностный текстурный рисунок (рис. 1), а техногенные объекты, в большинстве случаев, несферичны и не обладают ярко выраженной текстурной поверхностью. Пустотное пространство в техногенных микросферулах состоит из многочисленных отдельных пор, образованных за счет пузырьков газа, захваченного из атмосферы при плавлении, тогда как у природных микросферул оно выглядит как единое газовое заполнение типа «спортивного мяча» (см. рис. 1). Отмечена дифференциация плотности внутреннего вещества микросферул, что выражается в различных оттенках серого на томографическом снимке (см. рис. 1).

Главными элементами химического состава поверхности микросферул разной природы являются железо и кислород, однако их количество в микросферулах варьирует относительно друг друга и отвечает миналам гематита, магнетита и вюстита (рис. 2а). Редко встречаются микросферулы, состоящие из самородного железа. Вюстит и самородное железо чаще встречаются среди природных микросферул, чем среди техногенных (см. рис. 2а).

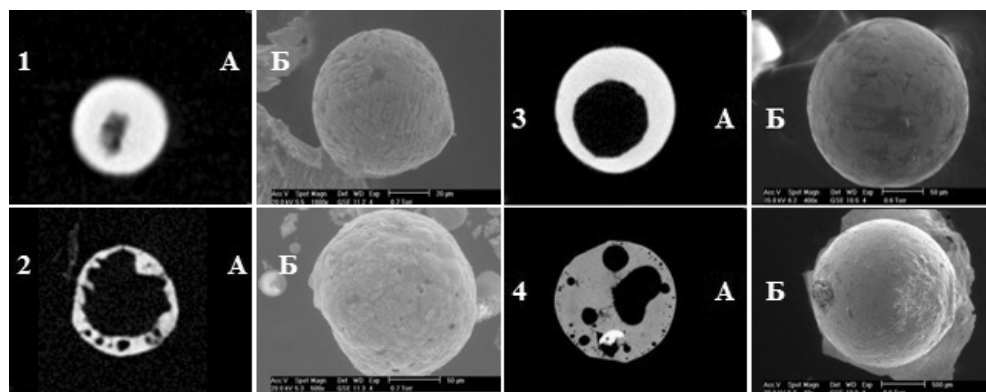


Рис. 1. Сопоставление томографических (А) и электронно-микроскопических (Б) данных. 1 – микросферула из импактитов кратера Попигай; 2 – микросферула из золы уноса углей Нижне-Турьинской ТЭС; 3 – микросферула из импактитов кратера Рис; 4 – микросферула из сварочного шлака.

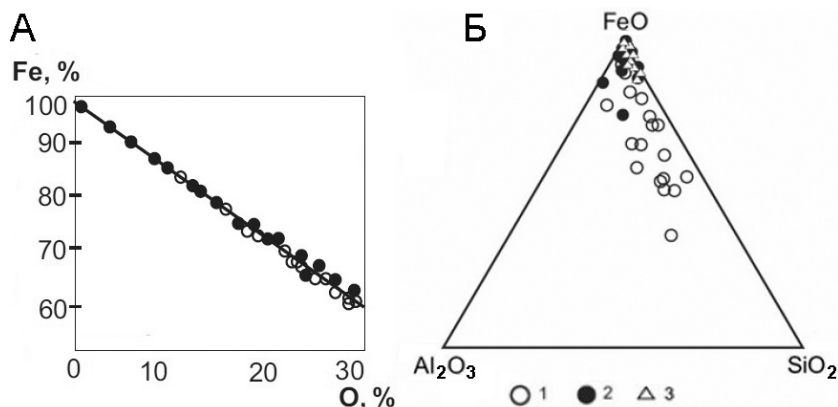


Рис. 2. Химический состав микросферул.

1 – микросферулы из золы уноса углей Нижне-Турьинской ТЭС; 2 – природные микросферулы; 3 – микросферулы сварочных шлаков и микросферулы из шлаков металлургического комбината [Макаров и др., 2017].

Практически все микросферулы содержат алюминий и кремний, а микросферулы из золы уноса углей обладают значительной примесью этих элементов (рис. 2б) по сравнению с природными объектами, микросферулами из шлаков сварки и образцов почвы вблизи шлаковых отвалов Нижнетагильского металлургического комбината [Макаров и др., 2017].

Таким образом, вышеизложенные результаты по изучению магнитных микросферул позволяют сделать следующие выводы. Впервые установлены отличия между техногенными и природными микросферулами по наличию различного порового пространства. Установлено техногенное (множество разрозненных пор в оболочке) или природное (отсутствие пор в оболочке и единое газовое пространство в центре) происхождение полых микросферул. Поры в техногенных микросферулах являются результатом захвата газа из атмосферы, а внутренние полости в природных микросферулах могут быть связаны с выделением жидкого расплава (например, самородного железа) при застывании внешней оболочки, например, если поверхность микросферы (корочка) представлена магнетитом (температура плавления 1591–1597 °С), а внутренняя часть самородным железом (температура плавления 1539 °С), то при нагревании выше температуры плавления железо могло «прорвать» корочку. В большинстве случаев, наличие идеальной сферичности и поверхностного текстурного рисунка является свидетельством природного происхождения микросферул. Минеральный состав природных микросферул, чаще всего, представлен вюститом и самородным железом. По химическому составу природные микросферулы содержат значительно меньше примесей Al и Si, чем таковые из зол уноса углей.

Литература

Васильев Н. В., Бояркина А. П., Назаренко М. К. Динамика притока сферической фракции метеорной пыли на поверхности Земли // *Астрономический вестник*. 1975. Т. IX. № 3. С. 178–183.

Карпов Г. А., Мохов А. В. Микрочастицы самородных металлов, сульфидов и оксидов в андезитовых пеплах Карымского вулкана // *Вулканология и сейсмология*. 2010. № 3. С. 19–35.

Лукин А. Е. Минеральные сферулы – индикаторы специфического флюидального режима рудообразования и нефтидогенеза // Геофизический журнал. 2013. Т. 35. № 6. С. 10–53.

Макаров А. Б., Осовецкий Б. М., Антонова И. А. Магнитные сферулы из почв вблизи шлакового отвала Нижнетагильского металлургического комбината // Известия УГГУ. 2017. Вып. 4 (48). С. 42–45.

Осовецкий Б. М., Меньшикова Е. А. Природно-техногенные осадки. Пермь: ПГУ, 2006. 209 с.

Сокол Э. В., Максимова Н. В., Нигматулина Е. Н., Френкель А. Э. Природа, химический и фазовый состав энергетических зол челябинских углей. Новосибирск: СО РАН, филиал «Гео», 2001. 107 с.

Sungatullin R., Glukhov M., Galiullin B., Statsenco E., Sungatullina G. Cosmic microspheres from the deposits of the Moscovian Stage of the eastern part of the Russian Plate // Proceedings Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting «Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources». Bologna: Filodiritto Publisher, 2018. P. 431–439.

Glukhov M. S., Sungatullin R. Kh., Galiullin B. M., Sungatullina G. M., Bakhtin A. I., Gusev A. V., Kuzina D. M. Metallic microspheres of cosmic and technogenic origin // Abstracts of the 81st Annual Meeting of the Meteoritical Society (2018). Moscow, 2018. P. 6202.

Murray I. On the distribution of volcanic debris over the floor of ocean // Proceedings of the Royal Society. Edinburg, 1876. Vol. 9. P. 247–261.

Nordenskjold A. E. On the cosmic dust which falls on the surface of the Earth with the atmospheric precipitation // Philosophical magazine. 1874. Vol. 48. P. 546.

А. А. Белов, М. С. Глухов

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань
tovitaan@ya.ru*

Магнитные микрочастицы из пород импактного происхождения кратеров Рис, Попигаи и фрагментов метеорита Муониолуста (научный руководитель д.г.-м.н. Р. Х. Сунгатуллин)

Космические объекты оказывают большое влияние на историю Земли. Падение внеземных тел приводит к катастрофическим последствиям, а следы ударных событий находят и в настоящее время. Внеземное вещество поступает на нашу планету непрерывно в виде мелких частиц различной конфигурации [Yada et al., 2004]. Первые исследования космической пыли проведены в конце XIX в., когда в глубоководных океанических глинах были обнаружены различные металлические микрочастицы. Интерес к ним усилился с середины прошлого века [Вернадский, 1941; Грачев Корчагин, 2008], т. к. данные микрообъекты могут дать дополнительную информацию о космических процессах минералообразования, строения и составе космических тел, космических событиях в геологической истории Земли [Цельмович, 2011; Сунгатуллин и др., 2015].

Настоящая работа посвящена исследованию магнитных микрочастиц из кратеров Попигаи (Россия, Красноярский край), Рис (Германия, Нёрдлинген) и из окалина железного метеорита Муониолуста, извлеченной из грунта с места его падения (Швеция). Отметим, что имеются работы, посвященные изучению импактных алмазов