

МАГНИТНЫЕ И СИЛИКАТНЫЕ МИКРОСФЕРЫ В ПОВЕРХНОСТНОМ ОСАДКЕ СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДОВ

Илгашева Е.О.

Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия katerina.ilgashева@gmail.com

Введение. Микросферы различного состава являются одним из распространённых видов техногенных частиц в твердом поверхностном пылегрязевом осадке и снеогрязевой пульпе [Seleznev et al., 2019]. По ранее полученным данным [Глухов, 2019; Рожина и др., 2020], микросферы могут быть космическими, техногенными и земными образованиями. Микросферы техногенного происхождения отличаются широким многообразием элементного состава и морфологии. Они образуются в процессах металлообработки, пылевых выбросах металлургической промышленности, золах тепловых станций, работающих на твердых видах топлива, при проведении сварочных работ и других техногенных процессах с использованием высоких температур [Макаров и др., 2019; Глухов, 2019].

Материалы и методы. Микросферы были отобраны из проб поверхностного пылегрязевого осадка и снеогрязевой пульпы 10 городов России (Уфа, Пермь, Тюмень, Челябинск, Нижний Тагил, Магнитогорск, Нижний Новгород, Ростов-на-Дону, Мурманск, Екатеринбург) и проб сухого вещества воздушных фильтров автомобилей из Магнитогорска, Екатеринбурга и Первоуральска [Seleznev et al., 2021]. Пробы поверхностного осадка и снеогрязевой пульпы были отобраны в районах города с разными типами промышленности и годом застройки. Воздушные фильтры отбирались с учетом эксплуатации автомобилей только в указанном городе и строго в течение одного календарного года. Выбранные города расположены в различных климатических, геологических и промышленных зонах, характеризуются высокой степенью урбанизации, наличием промышленности разных отраслей, высокой автомобильной нагрузкой.

Силикатные и измененные магнитные микросферы были отобраны вручную, магнитные микросферы отбирались с помощью постоянного магнита. Далее силикатные и магнитные микросферы фотографировались для каталога и были изучены на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ). Исследования проводились на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6390/6390LV (Япония), оборудованном приставкой для энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС) INCA Energy 350 X-Max 50 с полупроводниковым детектором в центре коллективного пользования

«Геоаналитик» на базе Института геологии и геохимии УрО РАН. Такой способ изучения микросфер позволяет получить изображение исследуемой частицы с учетом особенностей морфологии, химический состав частицы в точке поверхности, не прибегая к сложной пробоподготовке и не разрушая образец.

Результаты. В ходе исследования из проб поверхностного пылегрязевого осадка и снеогрязевой пульпы было отобрано 54 микросферы. По химическому составу все изученные микросферы можно разделить на 4 класса: железистые (магнетитовые), силикатно-железистые (измененные магнетитовые), кислые и основные золы уноса. На рис. 1 представлено распределение всех полученных ЭДС-спектров в системе Si-Ca-Fe.

В ходе исследования было изучено 30 магнитных микросфер, отобранных из проб поверхностного осадка в 9 городах России. Получено 62 ЭДС-спектра с помощью СЭМ, из которых 54 спектра отображают состав частиц, а 8 – состав включений или загрязнений на поверхности частицы. Наибольшее количество микросфер отобрано в Екатеринбурге – 13 штук, Мурманске – 6 и Магнитогорске – 4. Меньше всего микросфер в Уфе – 2, Нижнем Новгороде, Нижнем Тагиле, Первоуральске, Челябинске и Тюмени – по 1 изученной микросфере. В Перми и Ростове-на-Дону магнитные микросферы в составе проб поверхностного пылегрязевого осадка и снеогрязевой пульпы не обнаружены.

Магнитные микросферы можно разделить на два типа, отличающихся друг от друга содержанием железа и, как следствие, содержанием кислорода и других петрогенных элементов. Первый тип – железистые (магнетитовые), второй тип – силикатно-железистые (измененные магнетитовые). К первому типу были отнесены микросферы с содержанием железа более 71 вес. %. Содержание кислорода в сферах такого типа составляет от 10 до 28 вес. %. В отдельных частицах первого типа имеются примеси Sr и некоторых петрогенных элементов (Si, Ca, Mg, Al, Na, K).

Ко второму типу были отнесены микросферы, в которых содержание железа составляет менее 71 вес. %. Содержание кислорода в сферах такого типа составляет от 19 до 37 вес. %. Для частиц второго типа характерны примеси петрогенных элементов (Na, Mg,

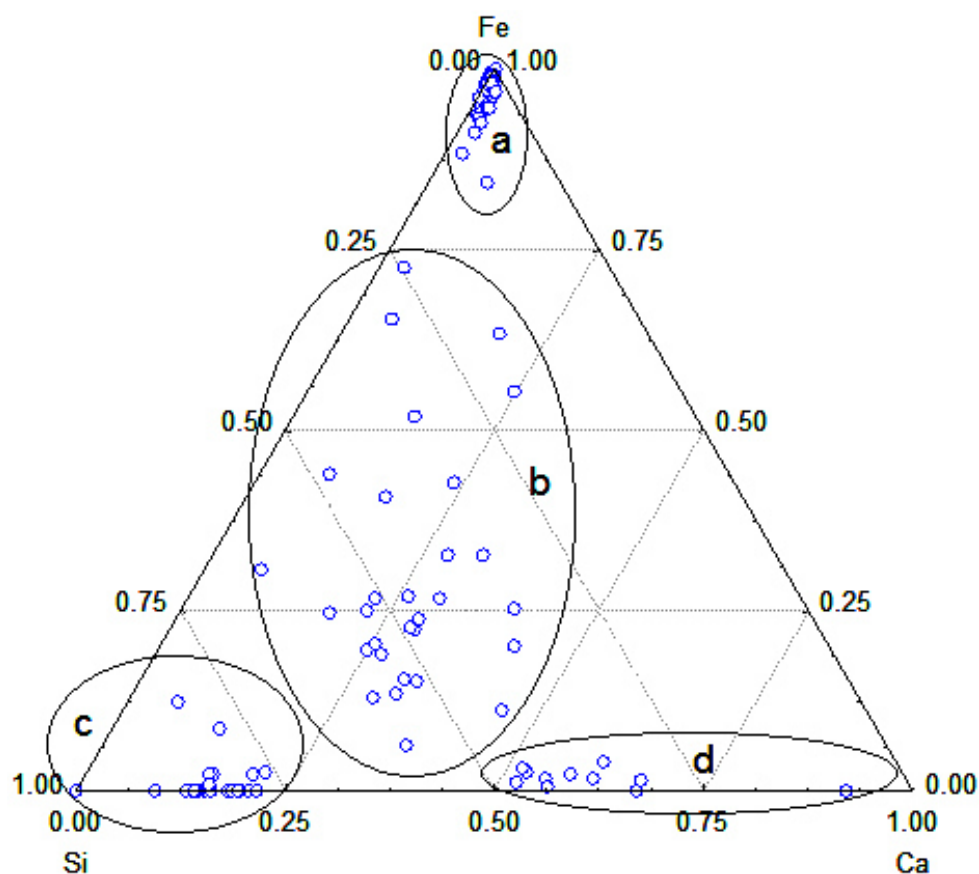


Рис. 1. Распределение полученных ЭДС-спектров в системе Si-Ca-Fe (a – железистые; b – силикатно-железистые; c – кислые золы уноса; d – основные золы уноса)

Al, K, Ca, Ti) и некоторых токсичных элементов (Mn, Cu, Zn, Pb, V). Снижение суммы компонентов для микросфер второго типа до 88% свидетельствует о вхождении в состав микросфер молекул воды. Это является следствием их гидратации.

В ходе исследования было изучено 24 силикатных микросферы, отобранных в 6 городах России. Получен 91 спектр ЭДС с помощью СЭМ, из которых 61 спектр отображает состав частиц, а 30 – состав включений или загрязнений на поверхности частицы. Наибольшее количество микросфер отобрано в Екатеринбурге – 14 штук, Мурманске – 3 и Нижнем Новгороде – 3. Меньше всего микросфер в Магнитогорске – 2, Нижнем Тагиле и Ростове-на-Дону – по 1 изученной микросфере. В Первоуральске, Челябинске, Тюмени, Уфе, Перми силикатные микросферы в составе проб поверхностного осадка и снегорязевой пульпы не обнаружены.

Главными компонентами химического состава всех силикатных микросфер являются кислород, кремний, кальций. Возможны примеси других петрогенных элементов (Mg, Al, Na, K, Ti, Fe) или тяжелых металлов (Cr, Mn, Ni, Cu, Zn). V, Co и Pb в составе силикатных микросфер не обнаружены.

Выводы. При попадании в окружающую среду магнитные микросферы подвергаются вторичным изменениям, замещаются смесью минералов и переходят в силикатно-железистую фазу. Об этом свидетельствует увеличение доли петрогенных элементов и снижение суммы компонентов в силикатно-железистых микросферах. Силикатные микросферы не изменяются при попадании в окружающую среду, но на их поверхности можно наблюдать пленки органического вещества или минеральной фракции, которые могут быть источником загрязнения. Для микросфер всех типов возможны примеси тяжелых металлов (Cr, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Pb).

Заключение. В ходе изучения проб поверхностного пылегрязевого осадка и снегорязевой пульпы впервые показано, что микросферы являются частью техногенной составляющей осадка в городской среде. Были определены количественные показатели накопления микросфер различного генезиса в городском ландшафте. Микросферы разного состава являются одним из типов техногенных частиц, присутствующим в поверхностном осадке современных городов. Несмотря на их невысокие концентрации в отложениях, они могут являться источником токсичных

элементов и влиять на изменение геохимического фона урбанизированных территорий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, грант № 18-77-10024.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глухов М.С. Морфология и внутреннее строение природных и техногенных железоксидных микросфер // Известия Уральского государственного горного университета. 2019. № 1(53). С. 60–66.
2. Макаров А.Б., Осовецкий Б.М., Хасанова Г.Г. Особенности состава и морфологии магнитных сферул техногенного происхождения // Литология осадочных комплексов Евразии и шельфовых областей: материалы IX Всероссийского литологического совещания (с международным участием). Казань: Издательство Казанского университета. 2019. С. 269–270.
3. Рожина Е.И., Илгашева Е.О., Петрова Е.В. Микросферы из современных осадочных отложений города Тюмени // Минералы: строение, свойства, методы исследования. 2020. № 11. С. 253–255.
4. Seleznev A., Yarmoshenko I., Malinovsky G., Ilgashева E., Baglaeva E., Ryanskaya A., Kiseleva D., Gulyaeva T. Snow-dirt sludge as an indicator of environmental and sedimentation processes in the urban environment // Sci. Rep. 2019. V. 9. 17241.
5. Seleznev A., Ilgashева E., Yarmoshenko I., Malinovsky G. Coarse Technogenic Material in Urban Surface Deposited Sediments (USDS) // Atmosphere. 2021. V. 12. 754.