

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ

Б.К. Сушко¹, Р.З. Бахтизин¹, Л.С. Ивлев²

¹ Башкирский государственный университет, ул. Фрунзе -32, 450074, г. Уфа, Россия

² НИИФ СПб государственный университет, Университетский пр.-2, 198904, г. Санкт-Петербург, Старый Петергоф, Россия

Аэрозоли – это коллоидные системы, которые содержат в качестве дисперсной фазы взвешенные в воздухе материальные частицы с размерами $10^{-9} \div 10^{-5}$ м. В течение года в атмосферу Земли поступает более 10^{12} кг аэрозолей, из них свыше 10^{10} кг являются результатом промышленной деятельности человека [1]. Аэрозоли оказывают заметное влияние на состояние окружающей среды, на процессы радиационного теплообмена и на условия распространения электромагнитных волн в атмосфере и космическом пространстве. Сведения о структуре атмосферных аэрозолей необходимы для решения теоретических и прикладных задач экологии, физики атмосферы и других отраслей науки и техники.

В последнее время при исследовании атмосферных аэрозолей начинают использоваться методы АСМ и СТМ - микроскопии. В отличие от традиционных методов микроскопии, зондовая микроскопия позволяет проводить прямые измерения на микро- и наноуровнях исследуемого объекта [2]. С помощью сканирующей зондовой микроскопии можно измерять целый комплекс химических, теплофизических, микромеханических и электрофизических свойств поверхности аэрозолей, в частности измерять работу выхода электронов, исследовать жесткость и проводимость поверхности, топографировать распределение по поверхности электростатических зарядов и областей намагничивания.

По нашему мнению, в исследовании аэрозольных частиц с применением методов сканирующей зондовой микроскопии намечаются следующие основные направления:

Методы сканирующей зондовой микроскопии могут с успехом использоваться при изучении процессов образования аэродисперсных систем, протекающих как в природных условиях, так и в результате промышленной деятельности человека [3-4]. Аэрозоли образуются при извержении вулканов, в результате выветривания минералов и горных пород, как результат химических реакций в атмосфере, при сжигании топлива и т.д. Атмосферные аэрозоли могут иметь сложный состав, например частицы конденсационно-коагуляционного происхождения имеют гетерогенную структуру, содержат большую фракцию воды и некоторого органического материала и сажу. СТМ - микроскопия позволяет по отдельности исследовать свойства всех этих включений. Еще одним преимуществом атомно-силовой микроскопии является то обстоятельство, что она позволяет исследовать особенности строения поверхности аэрозольных частиц без их обезвоживания, что требуется при других методах микроскопии, например электронной, когда требуется исследуемые образцы помещать в вакуум. Как показывают исследования, стратосферные аэрозоли часто представляют собой кристаллообразные частицы, упакованные в жидкую оболочку. Размер таких нерастворимых гранул обычно составляет $30 \div 50$ нм [5].

Методы сканирующей зондовой микроскопии могут с успехом применяться для изучения пространственно - временных вариаций структуры и химического состава

аэрозолей в земной атмосфере. Такие исследования проводятся прямыми методами путем выборки проб по различным областям и высотам обследуемой территории. Аэрозольные пробы отбираются на подложку при помощи наземных, самолетных, аэростатных и ракетных комплексов аэрозольной аппаратуры с целью проведения последующего комплексного анализа проб в лабораторных условиях (международные научно-исследовательские программы ACE-3, Nasa Global Tropospheric Experiment, SAFARI 2000 и т.д.).

Результаты АСМ и СТМ - микроскопических исследований могут использоваться для проверки правильности результатов моделирования непрерывно происходящих в атмосфере сложных физико - химических процессов эволюции аэродисперсных систем различной микроструктуры и этиологии [6].

Результаты АСМ и СТМ - микроскопических исследований могут быть очень полезны при постановке и решении целого ряда экологических задач, которые непрерывно возникают в результате антропогенного и естественного загрязнения атмосферы аэрозолями. Одна из последних проблем такого рода – долговременные смоговые образования над азиатским континентом, так называемое "Азиатское бурое облако", которые представляют собой двухкилометровый слой в атмосфере, состоящий из частиц продуктов сгорания - дымов лесных пожаров, бытовых печей, а также выхлопных газов и промышленных выбросов. По прогнозам исследователей, в течение последующих десятилетий ущерб от влияния Азиатского бурого облака будет все более увеличиваться, что связывается с продолжающимся ростом населения в этом регионе. Методы АСМ и СТМ – микроскопии помогают определить возникающие источники и стоки загрязнителей атмосферы как в условиях городской окружающей среды, так и в отдаленных районах планеты, органично дополняя методы глобального мониторинга.

В последнее время при лабораторных исследованиях физико - химических свойств высокодисперсных систем с неупорядоченной структурой используются новые методы, основанные на фрактальном подходе к изучению объектов [7-8]. Фрактальные исследования аэрозольных частиц очень удобно проводить с помощью АСМ и СЗМ-микроскопии [9], при этом одновременно можно исследовать корреляцию фрактальных свойств с химическими, теплофизическими, микромеханическими или электрическими свойствами поверхности частицы.

Применение методов АСМ и СТМ – микроскопии может во многом способствовать (применительно к аэрозолям) решению наиболее общих проблем коллоидной науки, таких как проблема устойчивости. Нарушение устойчивости аэроколлоидной системы приводит к изменению ее дисперсного состава, к коагуляции или дезагрегации частиц дисперсной фазы, а получение возможности регулирования устойчивости имеет огромное практическое значение. Устойчивость системы зависит от расклинивающего давления, возникающего в тонких прослойках между частицами, составляющими систему [10]. Расклинивающее давление имеет несколько составляющих, причем главнейшие из них, такие как адсорбционная и электростатическая составляющие расклинивающего давления могут быть напрямую исследованы методами АСМ и СТМ – микроскопии.

Атомно-силовая микроскопия может быть использована для изучения распределения электрических зарядов по поверхности аэрозольных частиц и для измерения возникающих при этом электростатических сил [11]. Полученные результаты могут использоваться в электрооптике аэрозолей для выяснения механизмов образования наведенных и собственных дипольных моментов, ответственных за ориентацию несферических частиц в электрическом поле, а также при исследовании процессов электризации аэрозольных частиц как в слабо ионизированных средах, так и в условиях мощного газового разряда, что имеет важное

значение для изучения электрических процессов, происходящих в атмосфере с участием аэрозолей. Для исследования влияния модификации поверхности промышленных аэрозолей с целью более полного их улавливания электрофильтрами тоже могут быть использованы методы АСМ – микроскопии. Перечисленные области аэрозольных исследований находятся в стадии становления и количество работ, посвященных этим разновидностям исследований весьма мало.

С помощью сканирующего зондового микроскопа марки Р47-SPM-MDT нами были получены изображения проб атмосферных аэрозолей хлорида аммония и белой сажи а также исследована микроструктура их поверхности. Образцы белой сажи собраны на территории предприятия производителя – стерлитамакского ПО «Сода».

Литература

1. Робинсон Д.Д. Аэрозоли как один из видов выбросов при производстве энергии: Энергия и климат: Пер. с англ. под ред. Г.В.Груза и С.С.Хмелевцова. Л.: Гидрометеиздат, 1981.- С.98-122.
2. Эдельман Н. Сканирующая туннельная микроскопия // ПТЭ.- 1989.- №5.- С.25-49.
3. Pósfai M., Xu H., Anderson J.R., Buseck P.R. Wet and dry sizes of atmospheric aerosol particles: an AFM-TEM study // Geophys. Res. Lett.-1998.-V.25, P.1907-1998.
4. Ломаева С.Ф., Повстугар В.И., Быстров С.Г. и др. АСМ - исследования высокодисперсных нанокристаллических порошков железа // Зондовая микроскопия-2000: Матер. совещания: Нижний Новгород 28 февр. – 2 марта 2000: Ин-т физики микроструктур РАН.- С.75-79.
5. Farlov N.H., Hayes D.M., Lem H.Y. Stratospheric aerosols undissolved granules and physical state // J. Geophys. Res.- 1977.- V.82.- №31.- P.4921-4929.
6. Ивлев Л.С. Химический состав и структура атмосферных аэрозолей. –Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. -386 с.
7. Шабетник В.Д. Фрактальная физика. Введение в новую физику.- Каунас: Revised Edition, 1994.-71 с.
8. Михайлов Е.Ф., Власенко С.С. Экспериментальное исследование фрактальных свойств растущих кластеров на примере йодида свинца // Хим. физика.- 1990.- Т.9.- №11.- С.1569-1573.
9. Киселевский О.С. Методика мультифрактального анализа поверхностей по данным атомно-силовой микроскопии // 4-й Белорусский семинар по сканирующей зондовой микроскопии: Сб. докладов. Гомель, 24-25 окт. 2000 г.- Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2000.- С.127-131.
10. Дерягин Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок.- М.: Наука, 1986.-206 с.
11. Титков А.Н., Крыжановский А.К., Евтихеев В.П. и др. Атомно-силовая микроскопия электростатических сил на полупроводниковой поверхности с квантовыми точками // Зондовая микроскопия-2000: Матер. совещания: Н. Новгород 28 февр.– 2 марта 2000: Ин-т физики микроструктур РАН.- С.12-16.