

## Оптические свойства аэрозолей растворов нанопорошков магнетита и диоксида олова

*Зайцева Т.Н.<sup>1</sup>, Носарев А.В.<sup>2</sup>, Агеев Б.Г.<sup>1</sup>, Капилевич Л.В.<sup>2</sup>, Дьякова Е.Ю.<sup>2</sup>, Магаева А.А.<sup>3</sup>, Терехова О.Г.<sup>3</sup>, Итин В.И.<sup>3</sup>*

## Optical properties of solutions of nanopowders magnetite and stanum dioxide

*Zaitseva T.N., Nosarev A.V., Ageyev B.G., Kapilevich L.V., Diyakova Ye.Yu., Magayeva A.A., Terekhova O.G., Itin V.I.*

<sup>1</sup> *Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск*

<sup>2</sup> *Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск*

<sup>3</sup> *Отдел структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН, г. Томск*

© Зайцева Т.Н., Носарев А.В., Агеев Б.Г. и др.

Определены оптимальные концентрации нанопорошка магнетита и диоксида олова для получения устойчивого аэрозоля, выявлена зависимость поглощения лазерного излучения аэрозолем от концентрации наноматериала в исходном растворе.

**Ключевые слова:** спектр, аэрозоль, нанодисперсные материалы, магнетит, диоксид олова.

Optimal concentrations of the magnetite and stanum dioxide nanopowders for production of a stable aerosol are determined. The dependence of laser radiation absorption by the aerosol on the nanomaterial concentration in the initial solution is revealed.

**Key words:** spectrum, aerosol, nanodisperse materials, magnetite, stanum dioxide.

УДК 544.164:[549.731.13:546.814-31]-022.532-026.771-026.741]-138

### Введение

С развитием нанотехнологий все большую актуальность приобретает необходимость изучения последствий воздействия наночастиц на живые организмы. В настоящее время проводят много исследований, выявляющих степень и характер токсического эффекта наноразмерных материалов в зависимости от дисперсности и морфологии частиц, их концентрации, химического состава, состояния поверхности, способов проникновения, доз и др. [6]. Установлено, что наноматериалы могут поступать в тело человека несколькими путями. Непроизвольные контакты, скорее всего, происходят через легкие, откуда наночастицы быстро переносятся с кровотоком в другие жизненно важные органы [4]. Вдыхаемые частицы, которые со-

храняются в альвеолах, могут взаимодействовать с легочными эпителиальными клетками или даже перенетривать стенку альвеол и проникать в легочную ткань [5]. Для проведения подобных исследований возникает необходимость обеспечения возможности проведения ингаляций, а также контроля количества наночастиц в ингалируемом аэрозоле.

Ранее [1] исследовано пропускание лазерного излучения аэрозоля, содержащего наночастицы феррита кобальта. В данной работе изучали оптическое пропускание аэрозолей, полученных из водных растворов, содержащих наноразмерные порошки магнетита и диоксида олова в различных концентрациях.

### Материал и методы

В работе использовали порошки магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и диоксида олова  $\text{SnO}_2$ . Магнетит включает частицы сферической формы диаметром 3—14 нм, из них 60% попадают в диапазон 3—7 нм [3]. В пробе наноразмерных частиц  $\text{SnO}_2$  40 мас% составляет легкая фракция сферической формы размером 3—20 нм, остальная часть пробы — слабоагрегированные частицы размером 40—80 нм [2]. Для аэрозоля приготавливали растворы наноразмерных структур в дистиллированной воде с концентрациями в диапазоне от 0,01 до 1%. Аэрозоль получали диспергированием соответствующего раствора с помощью ультразвукового ингалятора «Муссон-1М», имеющего три режима работы по интенсивности потока аэрозоля. Для формирования воздушно-аэрозольного слоя использовали измерительную кювету в виде трубки из лавсана (диаметр 40 мм, длина 200 мм) с открытыми концами, в отверстие боковой стенки которой вставляли выходной патрубков ингалятора.

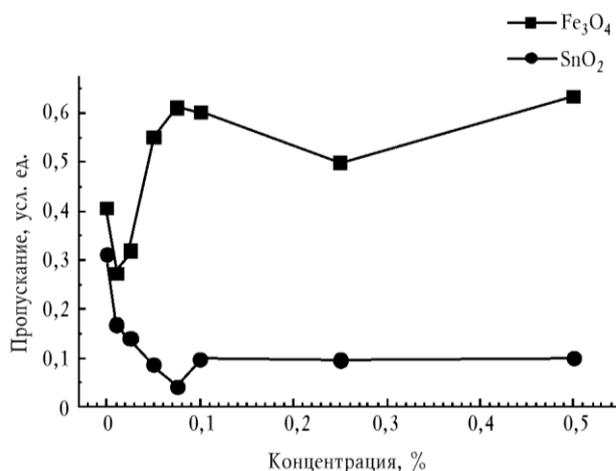
Измерения пропускания воздушно-аэрозольными смесями лазерного излучения выполнены по стандартной спектрофотометрической схеме. Использовался серийный He-Ne лазер ЛГ-78 (длина волны излучения 0,63 мкм, мощность  $2 \cdot 10^{-3}$  Вт). Излучение лазера модулировалось по амплитуде с частотой 91 Гц. Для регистрации излучения применялись фотодиод серии ФД, сигналы которого измерялись селективным микровольтметром В6-4. Пропускание  $T$  слоя исследуемой среды определялось отношением  $T = U/U_0$ , где  $U$  — сигналы фотодиода на выходе из кюветы, символ «0» обозначает значения  $U$  для кюветы без исследуемой среды.

## Результаты и обсуждение

В предварительной серии экспериментов было установлено, что наиболее эффективной генерация аэрозоля получается при работе генератора аэрозоля в режиме низкой интенсивности потока. При этом мощности ультразвукового распылителя было недостаточно для попадания аэрозольных частиц в измерительную кювету, поэтому дополнительный поток создавался применением воздушного компрессора (1 300 мл/мин), подключенного к распылителю.

При изучении магнетита установлено, что аэрозоли, полученные из растворов с концентрациями порошка 0,01 и 0,025%, пропускают излучение меньше, чем водный (рисунок). При увеличении концентрации

порошка в исходном растворе пропускание, наоборот, растет и практически не зависит от концентрации. Видимо, в результате распыления растворов с такой концентрацией формируется аэрозольный слой, менее насыщенный по сравнению с водным. Таким образом, при реализованных условиях для получения наиболее насыщенного аэрозоля оптимальной является концентрация порошка  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  0,01 или 0,025%.



Пропускание излучения 0,63 мкм воздушно-аэрозольной смесью при вариации концентрации нанопорошка в аэрозольных частицах

Для диоксида олова возможно получение аэрозоля из растворов всех используемых концентраций порошка. В диапазоне концентраций от 0,01 до 0,075% пропускание аэрозоля уменьшается при увеличении содержания наночастиц в исходном растворе. При получении аэрозоля из растворов с концентрацией выше 0,1% пропускание повышается и практически не зависит от количества порошка, что, возможно, свидетельствует о том, что содержание порошка в формируемых каплях не изменяется.

## Заключение

В результате проведенных исследований определены оптимальные концентрации растворов наночастиц магнетита и диоксида олова для обеспечения возможности проведения ингаляций лабораторных животных и дальнейшего изучения реакций исследуемых объектов на данные воздействия.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 07-04-01184, проект № 09-04-99124-р\_офи.*

## Литература

1. *Зайцева Т.Н., Петлина З.Р., Носарев А.В. и др.* Оптические свойства аэрозоля раствора нанопорошка феррита кобальта // Бюл. сиб. медицины. 2009. Т. 8, № 1. С. 101—102.
2. *Магаева А.А., Терехова О.Г., Итин В.И. и др.* Механохимический синтез наноразмерных порошков на основе диоксида олова // Журн. приклад. химии. 2009. Т. 82, Вып. 2. С. 220—223.
3. *Терехова О.Г., Итин В.И., Магаева А.А. и др.* Механохимический синтез наноразмерных порошков ферритов из солевых систем // Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2008. № 1. С. 45—50.
4. *Elder A., Gelein R., Silva V. et all.* Translocation of Inhaled Ultrafine Manganese Oxide Particles to the Central Nervous System // Environ Health Perspect. 2006. Apr. № 114 (8). P. 1172—1178.
5. *Hoet Peter H.M., Bruske-Hohlfeld I., Salata O.V.* Nanoparticles — known and unknown health risks // J. of Nanobiotechnology. 2004. 2:12.
6. *Wittmaack Klaus* In Search of the Most Relevant Parameter for Quantifying Lung Inflammatory Response to Nanoparticle Exposure: Particle Number, Surface Area, or What? // Environ Health Perspect. 2007. Feb. № 115 (2). P. 187—194.

Поступила в редакцию 11.11.2009 г.

Утверждена к печати 22.12.2009 г.

**Сведения об авторах**

*Зайцева Т.Н.*, Институт оптики атмосферы СО РАН (г. Томск).

*Носарев А.В.*, СибГМУ (г. Томск).

*Агеев Б.Г.*, Институт оптики атмосферы СО РАН (г. Томск).

*Капилевич Л.В.*, СибГМУ (г. Томск).

*Дьякова Е.Ю.*, СибГМУ (г. Томск).

*Магаева А.А.*, Отдел структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН (г. Томск).

*Терехова О.Г.*, Отдел структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН (г. Томск).

*Итин В.И.*, Отдел структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН (г. Томск).