

ПРИРОДНЫЕ «АККУМУЛЯТОРЫ» МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ ДЛЯ БИМЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

А.Е. Чеканова, А.Л. Дубов.

Факультет наук о материалах, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Ленинские горы, корп. Б., г. Москва, Россия, 119991

Т.А. Соркина

Химический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Ленинские горы, д. 1, стр. 3, г. Москва, Россия, 119991

В настоящее время магнитные наночастицы относят к одному из перспективных и интересных классов материалов. Одной из областей их возможного использования является биомедицинское применение: адресная доставка лекарств, магнитно-управляемая гипертермия, разделения физиологически-активных веществ и т.д.

Несмотря на множество экспериментальных подходов, воспроизводимых обеспечивающих комплекс ряда практически важных свойств магнитных наночастиц [1, 2], полностью не решены задачи по предотвращению их агрегации и хранению в

высокодисперсном состоянии в течение длительного времени. Одним из способов решения подобных проблем является создание композитов, в которых магнитные наночастицы заключены в водорастворимую матрицу, и не подвергаются агрегации и процессам старения, а при растворении высвобождаются с сохранением химического и фазового состава. Другой возможный подход заключается в создании суспензий поверхностно-модифицированных частиц или частиц типа «ядро-оболочка», которые одновременно позволяют осуществлять дальнейшую модификацию частиц, например, связывать их с биомолекулами, лекарственными препаратами и т.д.

В настоящей работе была предпринята попытка получения продукта, позволяющего хранить магнитные наночастицы в неагрегированном состоянии в течение длительного времени, из которого при контакте с жидкостью смогли бы выделяться наночастицы с образованием стабильного коллоидного раствора.

С использованием метода пиролиза аэрозолей [3] были получены соляные «микрокапсулы» с размером ~ 1 мкм, содержащие в своем составе монодисперсные наночастицы ~ 10 нм, состоящие из NaCl и маггемита ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) в мольном соотношении 10:1. В качестве жидкости для формирования суспензий был выбран раствор гуминовых кислот (ГК).

Гуминовые кислоты относятся к выделяемой фракции гуминовых веществ и обладают целым рядом достоинств, а именно: нетоксичностью, отсутствием канцерогенных свойств, стабильностью pH, наличием большого количества функциональных групп и, главное, возможностью четкого контроля размера молекул относительно их молекулярной массы. Существует целый ряд препаратов на их основе, которые повышают иммунобиологические свойства организма, его регенераторную способность и сопротивляемость к патогенным факторам.

Растворение «микрокапсул» в растворе гуминовых кислот с использованием ультразвуковой обработки приводит к формированию суспензии, стабильной в течение долгого времени. Анализ изображений, полученных с помощью ПЭМ, показал, что в коллоидном растворе ГК средний размер наночастиц маггемита составляет ~ 4 нм и агрегации частиц не происходит.

Измерения цитотоксических свойств (МТТ-тест) водно-солевой суспензии, содержащей наночастицы $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, коллоидного раствора ГК без наночастиц маггемита и коллоидного раствора ГК с маггемита, показал отсутствие цитотоксичности по отношению к клеточным культурам фибробластов как у самих гуминовых кислот, так и у препаратов магнитных наночастиц, стабилизированных гуминовыми веществами.

На основании проведенных исследований можно констатировать, что система ГК — наночастицы $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ является перспективной для использования в методе гипертермии при лечении онкологических заболеваний, благодаря образованию монодисперсных магнитных наночастиц и возможности проведения дальнейшей модификации поверхности гуминовых кислот.

Литература

1. *Ajay Kumar Gupta*. Mona Gupta Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications // *Biomaterials* 26. — 2005. — P. 3995 — 4021.
2. *Pankhurst Q.A., J. Connolly, Jones S. K. and J. Dobson*. Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine // *J. Phys. D: Appl. Phys.* 36. — 2003. — P. 167—181.
3. *Ki Do Kima, Kwan Young Choia, Ji Won Yang*. Formation of spherical hollow silica particles from sodium silicate solution by ultrasonic spray pyrolysis method // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 254. — 2005. — P. 193—198.