

УДК 544.77+66.049

Криохимический синтез ферритов кобальта, цинка и меди

Шумилкин Алексей Сергеевич^{1,2}

alexpard99@gmail.com

SPIN-код: 4957-1719

Верная Ольга Ивановна^{1,2(*)}

vernayaoi@my.msu.ru

SPIN-код: 1805-3623

Шабатина Татьяна Игоревна^{1,2}

tatyashabatina@yandex.ru

SPIN-код: 3678-9242

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Магнитные и суперпарамагнитные наночастицы в последние десятилетия находят широкое применение в медицине и фармакологии для диагностики и лечения различных заболеваний. В настоящей работе показано, что криохимические методы позволяют получать магнитные оксиды железа различного размера и структуры, в том числе размером менее одного магнитного домена. С помощью низкотемпературных технологий получены гибридные наносистемы антибактериального препарата хлорамфеникола и наночастиц магнетита и феррита цинка, установлены их состав и структура, свойства, выявлен синергический антибактериальный эффект.

Ключевые слова: суперпарамагнитные наночастицы, криохимия, оксиды железа, магнетит, маггемит, диагностика, терапия

Cryochemical synthesis of cobalt, zinc and copper ferrites

Shumilkin Alexey Sergeevich^{1,2}

alexpard99@gmail.com

SPIN-code: 4957-1719

Vernaya Olga Ivanovna^{1,2(*)}

vernayaoi@my.msu.ru

SPIN-code: 1805-3623

Shabatina Tatyana Igorevna^{1,2}

tatyashabatina@yandex.ru

SPIN-code: 3678-9242

¹ BMSTU, Moscow, Russia² Lomonosov MSU, Moscow, Russia

Abstract. Magnetic and superparamagnetic nanoparticles have been widely used in medicine and pharmacology for the diagnosis and treatment of various diseases over the past decade. In this work, it is shown that cryochemical methods make it possible to obtain magnetic iron oxides of various sizes and structures, including those smaller than one magnetic domain. Using low-temperature technologies, hybrid nanosystems of the antibacterial drug chloramphenicol and nanoparticles of magnetite and zinc ferrite were obtained, their composition and structure, properties were established, and a synergistic antibacterial effect was revealed.

Keywords: superparamagnetic nanoparticles, cryochemistry, iron oxides, magnetite, maghemite, diagnostics, therapy

Введение. Наночастицы магнетита, маггемита, обладают уникальными магнитными свойствами, низкой токсичностью и высокой биосовместимостью. Они имеют огромный потенциал в качестве магнитных векторов для направленной доставки лекарств, магнитных агентов для МРТ и магнитной гипертермии. Их используют для разделения и отслеживания магнитной маркировки клеток в тканевой инженерии и клинической диагностике.

При снижении размера ниже размера магнитного домена, они переходят в суперпарамагнитное состояние. Суперпарамагнитные наночастицы характеризуются высоким значением намагниченности насыщения, отсутствием остаточного магнетизма. Суперпарамагнитные частицы размером менее 10 нм являются оптимальными агентами для МРТ [1]. Криохимические технологии при получении наноматериалов позволяют повысить эффективность и экологичность синтеза, получать материалы с различными размерными и структурными характеристиками.

Методы и материалы; результаты. В настоящей работе путем варьирования условий криохимического синтеза получены магнитные оксиды железа различного размера и структуры. Методы распылительной сублимационной сушки, примененные к водным растворам солей железа с последующим термическим разложением полученных прекурсоров, позволяют получать частицы маггемита размером от десятков нанометров (в случае формиата железа II и ацетилацетоната железа III), до микронных пластинчатых (в случае цитрата железа III) и пористых структур (в случае глюконата железа II) [2]. Криохимическое соосаждение солей двух- и трехвалентного железа позволяет снизить средний размер наночастиц оксида железа с 18 (случай классического соосаждения) до 6 нм. Однако полученный нанопорошок содержит гетит с нежелательными магнитными свойствами. Осаждение сульфата железа II аммиаком с поверхности криогранул позволяет получать нанопорошок магнитного оксида железа, свободный от примеси частиц гетита и размером менее 10 нм.

Заключение. Показано, что, варьируя условия криохимического синтеза можно получать магнитные оксиды железа различной структуры (пористые материалы, микронные пластинка, наночастицы со средним размером в десятки нм или размером менее 10 нм).

Список источников

- [1] Shabatina T., Vernaya O., Shumilkin A. et al. Nanoparticles of bioactive metals/metal oxides and their nanocomposites with antibacterial drugs for biomedical applications. *Materials*, 2022, vol. 15, no. 10, art. no. 3602.
- [2] Верная О.И., Шумилкин А.С., Шабатин А.В. и др. Синтез наночастиц оксидов железа термическим разложением криохимически модифицированных прекурсоров. *Вестник Московского университета. Серия 2: Химия*, 2023, т. 64, № 1, с. 3–10.