

**АНСАМБЛИ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА,
ПОЛУЧЕННЫЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ
В ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ**

Бурбан Е.А., Дубанова А.И., Свалов А.В., Сафронов А.П., Курляндская Г.В.

Уральский федеральный университет
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Магнитные наночастицы (МНЧ) на основе железа вызывают особый интерес не только с фундаментальной точки зрения, но и как функциональные материалы для биомедицинских и технологических приложений. В частности, высокий магнитный момент таких наноматериалов делает их перспективным в целевой доставке лекарств, диагностике и различных видах магнитной терапии. Отдельное значение имеет проблема биосовместимости, с точки зрения которой оксиды железа являются наиболее предпочтительными биомедицинскими наноматериалами среди других МНЧ. В настоящее время в медицинской диагностике широко используются оксиды гадолиния, но они существенно уступают по уровню биосовместимости оксидам железа. Получение стабилизированных суспензий МНЧ чистого Fe затруднено высоким уровнем магнитных взаимодействий МНЧ Fe, и сложностью их деагрегирования. В настоящей работе делается попытка получения стабилизированных суспензий МНЧ железа и микрочастиц Gd, подвергнутых обработке в шаровой мельнице (ШМ) с последующей электростатической стабилизацией водной суспензии посредством повторной обработки в ШМ.

МНЧ Fe были получены методом электрического взрыва проволоки. Микрочастицы Gd, получали методом закалки из расплава на вращающийся барабан ленты и последующим её размолем в ШМ в этаноле. Ансамбли МНЧ Fe/Gd синтезировали из смеси частиц Fe+Gd в соотношении 70:30. Данный процесс проводили в течение 24 часов в ШМ. Были получены стабилизированные суспензии МНЧ на основе Fe и Fe/Gd. Стабилизацию частиц проводили с помощью цитрата натрия ($\text{Na}_{\text{цитр.}}$) концентрацией 0.2% по массе обработкой в ШМ (время стабилизации - 10 часов). Все материалы были исследованы с помощью метода рентгенофазового анализа и просвечивающей электронной микроскопии. По полученным фотографиям частиц рассчитывали средние размеры ансамблей. Например, средний размер частиц $\text{dn}(\text{Fe})$ до стабилизации составил 9 нм, $\text{dn}(\text{FeGd}) = 51$ нм спустя 8 часов помола в ШМ и $\text{dn}(\text{FeGd})=24$ нм спустя 16 часов. После стабилизации МНЧ средний диаметр был измерен методом динамического рассеяния света (ДРС) и составил для $\text{dn}(\text{Fe}_{\text{цитр.}}) = 32$ нм, $\text{dn}(\text{FeGd}) = 26$ нм. Сравнительный анализ данных, полученных различными методами, показал, что полученные стабилизированные суспензии представляли из себя сложные ансамбли МНЧ, в которых доминировали оксиды Fe и Gd. Тем не менее, предложенные способы получения суспензий на основе частиц Fe и Gd могут быть интересны для создания магнитных биоматериалов нового поколения.

Исследование выполнено при поддержке программы «Приоритет-2030».