

## **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 размолотом 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».*