

волокон. Все это позволяет с большей эффективностью закреплять белковые факторы роста на поверхности нетканых материалов.

Гемин не только позитивно сказался на свойствах материала на основе ПГБ, но и способствовал более успешному закреплению факторов роста на поверхности волокон. Это обусловлено химическим связям, которые могут дополнительно возникать между гемом и

фибриногеном, а также благодаря более высокой гидрофобности поверхности материала [5]. Кроме того, гемин позволяет обеспечить высокую антимикробную активность в течение 10 дней с момента нанесения ранозаживляющей сисетмы. Полученные материалы позволяют уже на 3ий день ранозаживления ускорить закрытие раны более чем на 35 % в случае ПГБ-гемин-фибриноген.

Список литературы

1. Schröder H.C., Tolba E., Diehl-Seifert B., Wang X., Müller W. E. *Electrospinning of Bioactive Wound-Healing Nets* // *Prog. Mol. Subcell. Biol.* – 2017. – V. 55. – P. 259–290.
2. Bhagowati P., Pradhan S., Dash H.R., Das S. *Production, optimization and characterization of polyhydroxybutyrate, a biodegradable plastic by Bacillus spp* // *Biosci. Biotechnol. Biochem.* – 2015. – V. 79. – № 9. – P. 1454–63.
3. Alsharabasy A.M., Pandit A., Farràs P. *Recent Advances in the Design and Sensing Applications of Hemin/Coordination Polymer-Based Nanocomposites* // *Adv. Mater.* – 2021. – V. 33. – № 2. – P. e2003883.
4. White N.J., Wang Yi., Fu X., et al. *Post-translational oxidative modification of fibrinogen is associated with coagulopathy after traumatic injury* // *Free Radical Biology and Medicine.* – 2016. – V. 96. – P. 181–189.
5. Dell'Acqua S., Massardi E., Monzani E., et al. *Interaction between hemin and prion peptides: binding, oxidative reactivity and aggregation* // *Int. J. Mol. Sci.* – 2020. – V. 21 (20). – P. 7553.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОВОЛНОВОГО ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА НА МОРФОЛОГИЮ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ФЕРРИТА МАРГАНЦА

А. О. Уракова, М. А. Сурменева, Р. А. Сурменев, А. Л. Холкин, Р. В. Чернозем
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Р. В. Чернозем

Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
r.chernozem@mail.ru

Введение. Магнитные наночастицы (НЧ) активно используются в различных областях биомедицины. В качестве материала для таких НЧ особенно интересен феррит марганца (MFO), который в отличии от остальных ферритов является биосовместимым [1]. В зависимости от поставленной научно-технической задачи требуются различные размеры, формы и свойства у магнитных НЧ, что достигается варьированием параметров синтеза. Гидротермальный метод позволяет контролировать размер и морфологию НЧ, используя простую одностадийную процедуру синтеза без дополнительных обработок [2]. Однако обычный гидротермальный метод длительный в сравнении с микроволновым гидротермальным методом (МГТМ), который

также за счет равномерного нагрева позволяет получать более однородные по форме НЧ [3]. На данный момент не сообщалось об изучении морфологии и свойств НЧ MFO, полученных при одностадийном синтезе МГТМ. Таким образом, целью работы является исследование влияния параметров МГТМ на морфологию, структуру и магнитные свойства НЧ MFO.

Материалы и методы. НЧ MFO были синтезированы МГТМ при 180 и 200 °С в течение 3 и 6 ч. Для этого 35 мМ FeCl₃•6H₂O, 17,5 мМ MnCl₂•4H₂O и 5,25 М NaOH растворялись в воде. Коэффициент заполнения автоклава 70 %. После синтеза НЧ MFO промывались до нейтрального уровня pH.

Результаты. Увеличение длительности синтеза приводит к изменению морфологии НЧ МФО с сферической на стержневидную и к увеличению их размеров. В свою очередь увеличение температуры МГТМ приводит к ускорению процесса образования и увеличению размера стержневидных НЧ. Так при 200 °С в течение 3 ч длина стержней составила 307 ± 8 нм, а уже при 6 ч. длина стержней составила 323 ± 32 нм. Также установлено снижение намагниченности насыщения НЧ при увеличении температуры и длительности МГТМ. У образцов МФО, полученных в течение 6 ч и образца МФО, синтезированного в течение 3 ч при 180 °С содержание MnFe_2O_4 составило более 90 %. Однако, в полученных при 200 °С в течение 3 ч НЧ МФО содержание MnFe_2O_4 составило всего

88 %, что, вероятно, обусловлено механизмом растворения-осаждения [4]. В результате этого механизма при образовании стержней железо из частично растворенных НЧ МФО образовывало НЧ Fe_2O_3 или осаждалось на уже существующие НЧ Fe_2O_3 , из-за чего уменьшалось содержание фазы MnFe_2O_4 .

Заключение. В результате проведенных исследований установлены закономерности формирования МФО НЧ МГТМ. Таким образом, возможен контроль физических свойств, морфологии и размеров НЧ МФО для различных биомедицинских приложений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2021-588 от 1.06.2021), а также гранта РНФ № 23-23-00511.

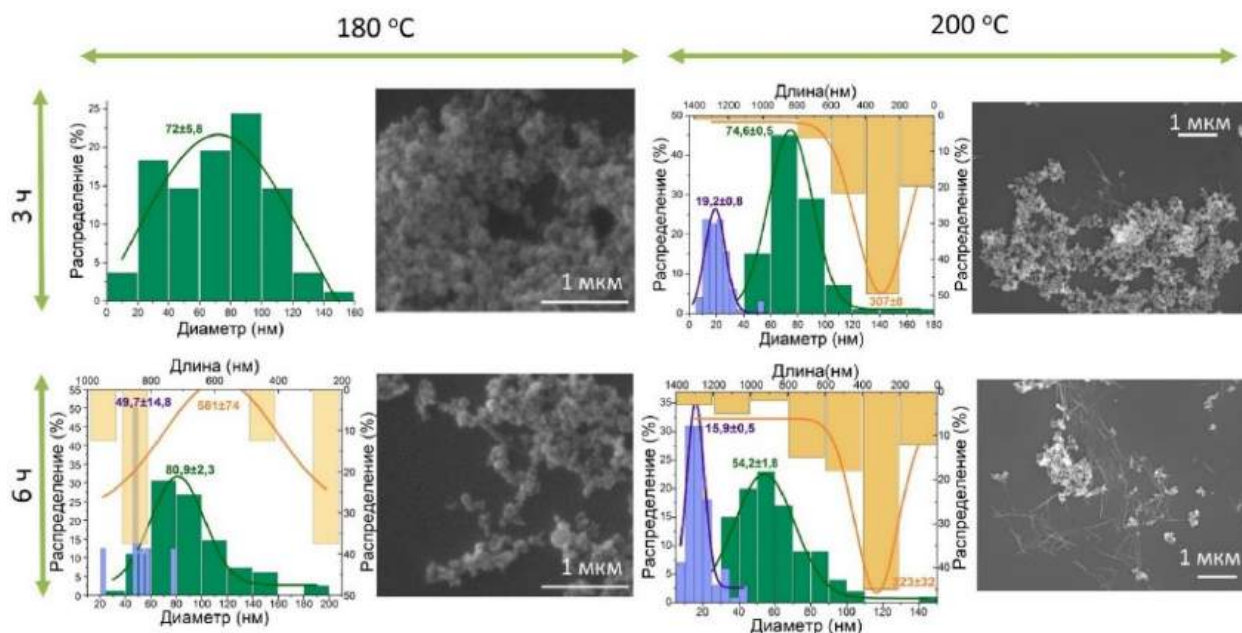


Рис. 1. РЭМ-изображения и относительное распределение размеров НЧ МФО

Список литературы

1. Akhlaghi N. // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. – 2021. – V. 103. – P. 292–304.
2. Zhen L. // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2008. – V. 320. – P. 2672–2675.
3. Kharisov B. // *CRC Concise Encyclopedia of Nanotechnology*. – CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2016. – P. 588–599.
4. Eckert Jr J.O. // *Journal of the American Ceramic Society*. – 1996. – V. 79. – P. 2929–2939.