**Структура и магнитные свойства** **соединений SrFe12-xInxO19 (x = 1,8 и 2), полученных цитратным методом**

***Николенко П.И.1, Щетинин И.В. 1, Низамов Т.Р. 1, Куланчиков Ю.О.1,2***

*Аспирант, 1 год обучения*

*1НИТУ МИСИС, Москва, Россия*

*2ИПТМ РАН, Черноголовка, Россия*

*E-mail:* [*polina.nikolenko.2000@mail.ru*](mailto:polina.nikolenko.2000@mail.ru)

К настоящему времени гексаферриты известны, как магнитные материалы, не оказывающие токсического воздействия на большинство органов [1]. Это делает их перспективными для биомедицинских применений, например, магнитной гипертермии опухолей. Магнитная гипертермия может осуществляться путём нагрева магнитных наночастиц внутри опухоли за счёт их перемагничивания в низкоамплитудных высокочастотных полях. Однако гексаферриты имеют слишком высокую коэрцитивную силу, чтобы перемагничиваться в применяемых для метода магнитной гипертермии полях. Данная работа посвящена исследованию влияния легирования In на структуру и магнитные свойства гексаферрита стронция. Цель работы – снизить коэрцитивную силу материала, сохранив достаточно высокие значения намагниченности насыщения.

Образцы SrFe12-xInxO19, где x = 1,8 и 2, были получены из нитратов цитратным методом. К раствору нитратов Sr(NO3)2, Fe(NO3)3 и In(NO3)3 (с 15 % избытком стронция) добавлялась лимонная кислота, а потом проводилось соосаждение солей щёлочью NH4OH с контролируемым повышением pH. Затем полученный раствор упаривался и высушивался в ходе реакции самовозгорания. Полученный порошок отжигался при 1200 °С в течение 1 ч. для получения чистой фазы гексаферрита.

Исследования образцов были проведены на рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima IV, морфология частиц и определение элементного состава проводилось на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) JEOL JSM‑6490, съёмка петель магнитного гистерезиса на вибромагнитометре VSM-250.

По результатам рентгеноструктурного анализа оба образца содержали 100 % фазы гексаферрита стронция. По полученным на СЭМе фотографиям видно, что размеры частиц варьируются в диапазоне от 1 до 10 мкм. По результатам картирования видно, что образец имеет гомогенный элементный состав и элементы (Sr, Fe, In) равномерно распределены в объёме образца. По снятым петлям магнитного гистерезиса были определены коэрцитивная сила и намагниченность насыщения образцов. Коэрцитивная сила составила 12,4 и 11,8 кА/м для образцов SrFe12-xInxO19 с x = 1,8 и 2 соответственно, то есть снижена до необходимых для магнитной гипертермии значений. При этом намагниченность насыщения оставалась на достаточно высоком уровне и составила 42,3 и 37,9 А·м2/кг для образцов SrFe12-xInxO19 с x = 1,8 и 2 соответственно.

Полученный результат можно считать перспективным. Полученные свойства свидетельствуют о более высоком потенциале для магнитной гипертермии по сравнению с более ранними образцами [2].

*Работа выполнена при поддержке гранта Фонда содействия инновациям, предоставленного в рамках программы «Студенческий стартап» федерального проекта «Платформа университетского технологического предпринимательства»*

**Литература**

1. Вершинина С.Ф., Евтушенко В.И. Эффект внутриопухолевого имплантирования гексаферрита бария, магнетита, гематита, окиси алюминия и кремнезема на динамику роста опухоли Эрлиха и выживаемость мышей-опухоленосителей // Медицинский академический журнал. 2020. Т. 20. № 1. С. 75–82.

2. Николенко П.И. Структура и магнитные свойства соединений SrFe12-xInxO19 для магнитной гипертермии // Материалы XXX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов». Функциональные материалы и наноматериалы.2023.