УДК 621.762

Е. В. Пикурова[1,2], Т. В. Трофимова[2], А. Ю. Павликов[2], Д. И. Сайкова[2], Д. И. Чистяков[2], Н. П. Евсевская[1], Д. В. Карпов[2], М. Н. Волочаев[3]

[1]*Институт химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Россия, Красноярск*
[2]*Сибирский федеральный университет, Россия, Красноярск*
[3]*Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Россия, Красноярск*
Научный руководитель – *доктор химических наук, профессор СФУ –* ***С. В. Сайкова***
Сибирский федеральный университет, Россия, Красноярск

СИНТЕЗ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ СО СТРУКТУРОЙ «ЯДРО-ЗОЛОТАЯ ОБОЛОЧКА» ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ И КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Среди огромного ряда функциональных наноструктур особое внимание привлекают магнитные наночастицы, покрытые золотой оболочкой, которые, благодаря их биосовместимости, являются перспективными материалами для разработки селективных МРТ-контрастирующих агентов, для направленной доставки лекарств, магнитной гипертермии, биосенсоров и др.[1-3]. Также была показана [4] каталитическая активность таких наночастиц, в частности, в реакциях восстановления нитроароматических соединений до аминов, что позволяет применять их для разрушения опасных для окружающей среды соединений. Однако, проблема получения таких наночастиц с заданными размерами, формой и структурой в последнее десятилетие является одним из актуальных направлений неорганической химии. В качестве магнитных ядер предлагается использовать материалы на основе железа $CoFe_2O_4$, $NiFe_2O_4$ и $Dy_3Fe_5O_{12}$, обладающие высокой химической стойкостью и высокой удельной намагниченностью, а также наночастицы переходных металлов состава Co@C и Ni@C, стабилизированных гидрофобной углеродной оболочкой, с высокой поверхностной активностью.

Несмотря на представленное в литературе разнообразие методов синтеза гибридных наночастиц, до сих пор ни один из них не является универсальным и хорошо воспроизводимым из-за большой разницы в природе двух поверхностей. В данной работе предлагается решить эту проблему за счет подбора условий и оптимизации методик получения частиц.

В ходе выполнения работы разработаны методики получения магнитных ядер $CoFe_2O_4$, $NiFe_2O_4$, $Dy_3Fe_5O_{12}$, Co@C и Ni@C, для синтеза которых впервые был применен метод анионообменного осаждения, заключающийся в использовании анионообменных смол в качестве реагентов-осадителей на стадии синтеза прекурсоров. По данным РФА, получены монофазные ферриты без примесей со средним размером частиц 20-50 нм (по данным ПЭМ), обладающие ферримагнитными свойствами. Также разработаны методики получения прекурсоров на основе α-$Co(OH)_2$ и α-$Ni(OH)_2$, отличающиеся межслоевым расстоянием и природой внедренного аниона, в ходе сольвотермического разложения которых образуются суперпарамагнитные частицы Co@C и Ni@C размером 10-15 нм, капсулированные углеродом.

Синтез наночастиц золота, обладающих анизотропией оптических свойств, проводили двумя способами. По данным методов оптической спектроскопии и ПЭМ, гидрозоли, полученные двухступенчатым методом зародышевого роста, содержат наночастицы золота

©Пикурова Е. В, 2019

бипирамидальной формы (76x24 ± 5 нм) с положением второго максимума ППР при 870 нм. С помощью одноступенчатого беззародышевого метода получены наностержни золота, имеющие размеры 23±1 x 7±0,2 нм, 20±2,5 x 5±0,5 нм, 29±1,5 x 6±0,1 нм (по данным ПЭМ) со смещением второго максимума ППР в длинноволновую область (730 ÷ 850 нм).

Методом обращенных микроэмульсий получены гибридные частицы $CoFe_2O_4$@Au. Согласно данным ПЭМ, наблюдаются сферические нч золота диаметром 3-10 нм, расположенные на поверхности более крупных 30 нм частиц феррита кобальта.

Методом химического восстановления золотохлористоводородной кислоты на поверхности магнитных ядер получены гибридные частицы типа «ядро-оболочка» $NiFe_2O_4$@Au размером 120-150 нм.

В работе использованы приборы Центров коллективного пользования ФИЦ КНЦ СО РАН и СФУ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта № 18-43-243014: «Синтез магнитных наночастиц со структурой «ядро-золотая оболочка» для биомедицинских и каталитических приложений».

Список литературы

1. Wang L. et al. Monodispersed Core-Shell Fe3O4@Au Nanoparticles // J. Phys. Chem. B, Vol. 109. No. 46, 2005. P. 21593-21601.

2. An P. et al. A Bio-Inspired Polydopamine Approach to Preparation of Gold-Coated Fe3O4 Core−Shell Nanoparticles: Synthesis, Characterization and Mechanism // Nano. 2013. 08. P. 1350061-1 – 1350061-13.

3. Wu A. et al. Biomedical Applications of Magnetic Nanoparticles // Nano. 2010. Vol. 05. P. 245−270.

4. Silvestri A. et al. Synthesis of Water Dispersible and Catalytically Active Gold-Decorated Cobalt Ferrite Nanoparticles // Langmuir. 2016. 32 (28). P. 7117–7126.

©Пикурова Е. В, 2019