

М.Г. Швецова
**ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА НА ОСНОВЕ
РАЗЛИЧНЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ**

Научный руководитель: ассист. Д.А. Гавриленко
*Кафедра химии
Тверской государственной медицинской университет, г. Тверь*

M.G. Shvetsova
**PRODUCTION OF NANOPARTICLES OF MAGNETITE
BASED ON VARIOUS SOLVENTS**

Tutor: assistant D.A. Gavrilenko
*Department of Chemistry
Tver State Medical University, Tver*

Резюме. В данной статье изучались свойства магнитных наночастиц. В условиях лаборатории университета были успешно синтезированы наночастицы магнетита на основе различных растворителей и проанализированы их свойства. Были определены растворители, на основе которых получают наиболее стабильные наночастицы частицы магнетита.

Ключевые слова: магнетит, наночастицы, контрастные препараты, магнетизм.

Resume. This article studied the properties of magnetic nanoparticles. In the university laboratory, magnetite nanoparticles were successfully synthesized using various solvents, and their properties were analyzed. Solvents were identified that yield the most stable magnetite nanoparticles.

Keywords: magnetite, nanoparticles, contrast agents, magnetism.

Актуальность. В условиях стремительного развития нанотехнологий, наночастицы магнетита представляют собой объект пристального внимания в биомедицинских исследованиях. Уникальное сочетание их магнитных, химических и физических свойств открывает новые горизонты в создании инновационных систем диагностики и лечения. Способность наночастиц магнетита целенаправленно доставлять лекарства, создавать тепло для уничтожения раковых клеток, улучшать качество изображения при МРТ и использоваться в качестве биосенсоров, делает их перспективным материалом для решения проблем современной медицины.

Известно, что для медицинских целей важно использование наночастиц магнетита определённой формы и, размера, до 100 нм, потому что это повысит их биосовместимость, а также позволит безопасно выводить частицы из организма человека. Известно, что при синтезе наночастиц магнетита в качестве растворителя используют дистиллированную воду. Однако нет достаточного количества данных об изменении параметров наночастиц при смене растворителя.

К сожалению, описанные в информационных источниках методы синтеза необходимых нам наночастиц, недоступны в условиях нашей лаборатории. Это и указывает на актуальность нашей темы, а именно получение наночастиц магнетита на основе органических и неорганических растворителей.

Цель: получить наночастицы магнетита с нужными свойствами в условиях университетской лаборатории.

Задачи:

1. изучить информационные источники по проблемам получения наночастиц магнетита;
2. освоить методы синтеза наночастиц магнетита на основе органических и неорганических растворителей в условиях университетской лаборатории;
3. изучить свойства полученных наночастиц магнетита;
4. определить перспективы использования, полученных нами наночастиц в медицине.

Материалы и методы. В работе использовались растворы хлорида железа (III), сульфата железа (II), гидроксида натрия; бензол, олеиновая кислота, диметилсульфоксид (ДМСО), этанол. В качестве методов исследования использовались теоретические и эмпирические, а именно анализ информационных источников по проблемам получения наночастиц магнетита и химический эксперимент, направленный на изучение свойств наночастиц магнетита, синтезированных на основе различных органических и неорганических растворителей.

Результаты и их обсуждение. Наночастицы (НЧ) – это частицы вещества, размеры которых хотя бы в одном измерении (длина, ширина или высота) находятся в диапазоне от 1 до 100 нм. В зависимости от химического состава, наночастицы могут быть классифицированы как металлические, оксидные, полупроводниковые или полимерные. Структура может быть разнообразной, например, иметь сферическую, стержневидную, пластинчатую, трубчатую и дендритную формы. Морфологические характеристики, наряду с химическим составом, оказывают значительное влияние на свойства наноматериалов. Магнитные наночастицы (МНЧ), наряду с другими видами наночастиц, являются объектом интенсивных научных исследований в физике, химии, биологии и медицине. Как и любые наночастицы, в наноразмерном состоянии они проявляют ряд уникальных свойств, обусловленных квантово-размерными эффектами. К таким эффектам относятся суперпарамагнетизм, большой магнитокалорический эффект, повышенная намагниченность и магнитная анизотропия, которыми можно управлять с помощью внешнего магнитного поля. Важно отметить, что эти свойства проявляются только в присутствии магнитного поля и исчезают после его выключения. Магнитные характеристики МНЧ зависят от их химического состава, размера, формы, типа кристаллической решетки, микроструктуры, окружающей матрицы и других факторов. Магнетит – это оксид железа, относящийся к классу сложных оксидов или шпинелей. Его химическая формула (Fe_3O_4) формально представляет собой соединение оксида железа (II) и оксида железа (III) в соотношении 1:1. Однако реальная структура магнетита является более сложной, чем простое смешение этих двух оксидов.

Магнетит часто является нестехиометрическим соединением, то есть его состав может незначительно отклоняться от идеальной формулы Fe_3O_4 . Это связано с наличием вакансий в кристаллической решетке и замещением ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} .

В настоящее время разработаны разнообразные методы получения магнитных наночастиц: химические (соосаждение, термолиз, золь-гель процессы, синтез в нанореакторах – мицеллах и др.); физические (механическое дробление,

конденсация, сборка атомов с помощью туннельных и атомных силовых микроскопов, фотолитография), а также биосинтез с использованием магнитотактических бактерий.

Синтез наночастиц магнетита проводился на основе метода соосаждения. Данный метод предполагает смешивание растворов ионов железа с разными степенями окисления в стехиометрическом соотношении с дальнейшим добавлением в систему щелочного агента. В процессе происходит образование и рост нанокристаллов, сопровождающимся захватом других веществ, присутствующих в растворе, что позволяет функционализировать наночастицы или же удалять примеси. Таким образом, добавляя различные компоненты в систему возможно контролировать размер, форму, состав получаемых наночастиц. Мы считаем, что синтез магнетита на основе различных растворителей может влиять на химические и физические свойства наночастиц. Нами были синтезированы несколько образцов магнетита на основе дистиллированной воды, бензоле, диметилсульфоксиде и спирте.

Все синтезы мы проводили на основе хлорида железа (III) и сульфата железа (II). В качестве щелочного агента выступал раствор гидроксид натрия.

Синтез №1: растворитель – дистиллированная вода; щелочной агент – гидроксид натрия. Полученный раствор был однородного цвета и хорошо магнитился. Наночастицы следовали за магнитом и собирались достаточно плотным слоем в месте, где был магнит, не распадаясь при его удалении.

Синтез №2: растворитель – дистиллированная вода; щелочной агент – 25% раствор аммиака. В отличие от предыдущего синтеза, наночастицы оседали чуть медленнее и нагревать пришлось дольше. Но при этом магнитные свойства почти не отличались от наночастиц, осажденных гидроксидом натрия.

Синтез №3: растворитель – бензол; щелочной агент – гидроксид натрия. Полученный раствор сразу после получения плохо реагировал на магнит. После отстаивания разделился на 2 слоя с наночастицами: в воде и в бензоле. При проведении магнитом вдоль стенки сверху вниз, магнетит из слоя с бензолом тянулся за магнитным полем и попадал в воду, через время пузырьками поднимаясь обратно. Таким образом было доказано, что наночастицы, которые находились в бензоле также обладали магнитными свойствами, которые по силе отличались от свойств магнетита в дистиллированной воде.

Синтез №4: растворитель – бензол и олеиновая кислота; щелочной агент – гидроксид натрия. Полученный раствор сразу после осаждения также плохо реагировал на магнит. После отстаивания образовалось два слоя магнетита. После проведения магнитом по стенке пробирки, наночастицы хуже реагировали на магнитное поле, но все равно следовали за ним в слой с водой. После убирания магнита, достаточно быстро возвращались в слой с бензолом. Таким образом, было выяснено, что добавление олеиновой кислоты слегка уменьшает магнитные свойства наночастиц магнетита.

Синтез №5: растворитель – диметилсульфоксид; щелочной агент – гидроксид натрия. Полученный раствор сразу после получения слабо реагировал на магнит. После отстаивания разделился на 2 слоя, но при этом наночастицы остались только в

слое с водой. При проведении магнитом вдоль стенки снизу-вверх, магнетит следовал за ним, но слой наночастиц был небольшим. Таким образом, можно сказать, что синтез наночастиц на основе диметилсульфоксида возможен, но магнитные свойства будут слабее, чем на основе бензола.

Синтез №6: растворитель – этиловый спирт; щелочной агент – гидроксид натрия. Осаждение наночастиц произошло, но при проведении магнита вдоль стенки пробирки, магнитные свойства были выражены очень слабо. После отстаивания, изменений в магнитных свойствах не произошло. Таким образом, можно сказать, что синтез наночастиц на основе спирта возможен, но не эффективен.

Выводы:

1. Синтез с использованием дистиллированной воды обеспечивает наибольшую стабильность полученных наночастиц, а применение сильных оснований повышает эффективность осаждения.

2. Синтез в органических растворителях также возможен, однако требует тщательного подбора неполярного растворителя.

3. Стабилизация наночастиц органическими кислотами может приводить как к увеличению, так и к уменьшению магнитных свойств, вероятно, из-за влияния на структуру или поверхностные свойства наночастиц.

4. Неправильный расчет пропорций добавления стабилизирующей кислоты, как предполагается, привел к ухудшению магнитных свойств в одном из экспериментов.

Литература

1. Никитин, А. А. Анизотропные наночастицы магнетита: синтез, изучение физических и биологических свойств, а также оценка перспективы использования в МРТ-диагностике [Электронный ресурс] / А. А. Никитин. – Режим доступа: <https://council.muctr.ru/media/CandidateCase/6f95b3dd-cf86-4f79-acb5-7361f54d8f5b/705298f6-0bd8-4391-b6f2-ee3a887b0727.pdf>. – Дата доступа: 21.12.2024.

2. Плеханов, М. А. Магнитные наночастицы: мини-обзор [Электронный ресурс] / М. А. Плеханов. – Режим доступа: <file:///C:/Users/1610056/Downloads/Magneticnanoparticles-minireview.pdf>. – Дата доступа: 21.12.2024.

3. Силаева, Ю. М. Наночастицы оксидов железа как перспективные компоненты магнитных жидкостей / Ю. М. Силаева, М. В. Лебедев, Ю. А. Кудрявцева // Актуальные вопросы современной науки: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. – М.: Наука и образование, 2021. – С. 100–104.

4. Кузнецов, М. А. Наноразмерные порошки оксидов железа: методы получения и применения / М. А. Кузнецов // Успехи химии. – 2016. – Т. 85, № 1. – С. 16–39. – URL: <https://www.uspkhim.ru/php/getFT.phtml?paperid=897>. – Дата доступа: 21.12.2024.

5. Егоров, С. И. Исследование методов синтеза нанопорошков магнетита для применения в медицине / С. И. Егоров, М. А. Полякова // Проблемы и перспективы развития электротехники, энергетики и автоматизации: сб. тр. всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. – Томск, 2021. – С. 208–210. – URL: https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/68309/1/conference_tpu-2021-C21_V2_p208-210.pdf. – Дата доступа: 21.12.2024.

6. Химические и физические свойства наночастиц [Электронный ресурс] / под ред. Ю. Д. Третьякова. – Режим доступа: <http://edu.secna.ru/media/f/himhimtechnology.pdf>. – Дата доступа: 21.12.2024.

7. Королёв, И. А. Магнитные наночастицы для медицинских применений: Обзор / И. А. Королёв. – [Б. м.: б. и.], 2024. – 16 с.

8. Васильев, С. С. Физические основы магнитно-резонансной томографии / С. С. Васильев. – [Б. м.: б. и.], 2022. – 83 с.