

Оценка влияния разных способов получения магнетита на размер частиц

А.С. Баталина

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. Современные исследования в области синтеза магнетита (Fe_3O_4) сосредоточены на нескольких ключевых направлениях, однако большинство из них не систематизируют влияние методов получения на размер частиц. Отсутствие системного анализа: большинство работ изучают один метод, игнорируя сравнительный подход.

Цель — оценить влияние различных методов синтеза магнетита (Fe_3O_4) получаемых частиц и выявить оптимальный способ для достижения заданных параметров.

Методы. В исследовании были применены три принципиально различных подхода:

1. Метод высокотемпературного восстановительного гидролиза (методы 1–5). Основан на использовании восстановительной среды при повышенных температурах (выше 150°C) в полярных растворителях, таких как этиленгликоль. Этиленгликоль выступает не только как растворитель, но и как восстановитель, а также структурообразующий агент. Добавление додецилсульфата натрия (ПАВ) способствует стабилизации наночастиц, предотвращая их агрегацию. Варьирование концентраций $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$, ацетата натрия и ПЭГ-400 (полиэтиленгликоль) в методах 1–5 направлено на оптимизацию размера и монодисперсности частиц [1].

2. Метод химического осаждения твердой фазы (метод 6). Предполагает осаждение магнетита из водных растворов солей железа (FeSO_4) при щелочных условиях. Этот метод отличается простотой и низкими энергозатратами, однако требует точного контроля pH и температуры для предотвращения окисления Fe^{2+} до Fe^{3+} [2].

3. Метод осаждения солей Fe^{3+} гидроксидом щелочного металла (метод 7). Заключается в совместном осаждении солей Fe^{2+} и Fe^{3+} в щелочной среде. В данном случае роль окислителя играет $0,4\text{--}6,0\%$ раствор сульфата меди [3].

Результаты. Проведенное исследование позволило выявить ключевые закономерности влияния реагентов и условий синтеза на размер и свойства частиц магнетита:

1. Влияние додецилсульфата натрия (ДСН): сравнение рецептур 1 (с ДСН) и 2 (без ДСН) показало, что добавление ДСН снижает средний размер частиц:

- с ДСН: диапазон $5,3\text{--}11,8$ мкм, средний размер — $7,23$ мкм;
- без ДСН: диапазон $7,1\text{--}10,6$ мкм, средний размер — $8,63$ мкм. ДСН выступает в качестве стабилизатора, его молекулы адсорбируются на поверхности частиц магнетита, предотвращая их агрегацию.

2. Роль концентрации ацетата натрия и ПЭГ-400: уменьшение количества ацетата натрия и ПЭГ-400 приводит к снижению размера частиц. Метод 3 имеет наибольший средний размер частиц — $12,9$ мкм. Размер частиц уменьшается при меньшем добавлении ацетата натрия и ПЭГ-400: средний размер с большим добавлением ацетата натрия и ПЭГ-400 равен $12,9$ мкм, диапазон $10,7\text{--}15,4$ мкм, тогда с меньшим добавлением этих реагентов — $9,2$ мкм, диапазон $8,5\text{--}10,3$ мкм.

3. Методики с сульфатом железа:

- наиболее мелкие частицы образуются в методике 6. Наименьший средний размер частиц по сравнению с другими методами — $5,6$ мкм. Это может указывать на то, что метод 6 менее чувствителен к изменениям размеров частиц;
- в методике с сульфатом железа и меди получились частицы магнетита в диапазоне от $9,7$ до $13,9$ мкм, средний размер равен $12,4$ мкм.

Выводы. Выбор метода синтеза зависит от целевых характеристик частиц: размера, стабильности и магнитных свойств. Оптимизация реагентов позволяет управлять параметрами магнетита для конкретных применений.

Рекомендации по выбору метода:

- для мелких частиц: метод с сульфатом железа и гидроксидом аммония (5,6 мкм) или рецептура с ДСН (7,23 мкм);
- для средних размеров: рецептура без ДСН (8,63 мкм) или методика с уменьшенным количеством ацетата натрия и ПЭГ-400 (9,2 мкм);
- при необходимости высокой намагниченности: метод с сульфатом железа и гидроксидом аммония.

Ключевые слова: магнетит; микроскопия; размер частиц.

Список литературы

1. Патент № 2610506/13.02.2017. Гришечкина Е.В., и др. Способ получения наночастиц магнетита. Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2610506C1_20170213 Дата обращения: 05.07.2025.
2. Гервальд А.Ю., Прокопов Н.И., Ширякина Ю.М. Синтез суперпарамагнитных наночастиц магнетита // Вестник МИТХТ. 2010. Т. 5, № 3. С. 45–49. EDN: MTANPP
3. Патент № 2390497/27.05.2010. Грабовский Ю.П., и др. Способ получения магнетита. Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2390497C2_20100527 Дата обращения: 05.07.2025.

Сведения об авторе:

Анастасия Сергеевна Баталина — студентка, группа 4425-280302D, институт естественных и математических наук; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: batalina28712@yandex.ru

Сведения о научном руководителе:

Лариса Викторовна Павлова — кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры химии, институт естественных и математических наук; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: pavlova.lv@ssau.ru