

УДК 546.711:538.214

## НАНОЧАСТИЦЫ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА (III) В МАТРИЦЕ ПОЛИЭТИЛЕНА

© 2002 г. Г. Ю. Юрков\*, С. П. Губин\*, Д. А. Панкратов\*\*,  
Ю. А. Кокшаров \*\*, А. В. Козинкин\*\*\*, Ю. И. Спичкин\*\*,  
Т. И. Недосейкина\*\*\*, И. В. Пирог\*\*\*, В. Г. Власенко\*\*\*

\*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, Москва

\*\*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

\*\*\*Научно-исследовательский институт физики Ростовского государственного университета, Ростов-на-Дону

Поступила в редакцию 26.09.2001 г.

Разработан метод получения изолированных наночастиц оксида железа (III) при термораспаде ацетата железа (III) в растворе-расплаве полиэтилена. Методами EXAFS, ЭПР и мессбауэровской спектроскопии исследованы наночастицы оксида железа, стабилизированные в матрице полиэтилена. Показано, что структура ближайшего окружения атомов железа в наночастицах аналогична структуре  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. По данным мессбауэровской спектроскопии, материал содержит оксид железа (III) в суперпарамагнитном и ферромагнитном состояниях с параметрами, близкими к  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Размер частиц определен с помощью микроскопии высокого разрешения. Выводы согласуются с данными рентгенофазового анализа. В работе также представлена экспериментальная зависимость намагниченности образцов от магнитного поля.

### ВВЕДЕНИЕ

Интерес к материалам на основе наночастиц металлов и кластеров, капсулированных в полимерных матрицах, обусловлен широким спектром их применения – от катализа до наноэлектроники. Исследования железосодержащих наночастиц, стабилизированных в полиэтилене, [1] показали, что они имеют сложный состав и строение, которые зависят от концентрации железа в полимерной матрице; в них зафиксированы фазы  $\alpha$ -железа, оксида железа (III) и карбида железа. В дополнение к этому, взаимодействуя с “инертным” полиэтиленом, наночастицы образуют, по видимому, поверхностные металлоорганические соединения [1], которые впоследствии активно окисляются за счет диффузии кислорода воздуха в полиэтилен. В результате основной фазой (до 80%) в составе наночастиц становится оксид железа ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), а металлическая фаза остается только в виде ядра и составляет 10–20% [1]. При этом скорость взаимодействия дисперсного металлического железа с кислородом воздуха, по видимому, достаточно велика [2]. В то же время актуальна задача получения наночастиц определенного состава (фазы) с тем, чтобы можно было на таких образцах исследовать изменения строения и реакционной способности веществ при переходе от компактного материала к нанодисперсному – изолированным друг от друга наночастицам того же состава.

Известные методы формирования металлсодержащих наночастиц достаточно хорошо разра-

ботаны для случая получения металлических наночастиц: это различные варианты испарения металлов (вакуумный термический, плазменный, ионно-лучевой) и их последующей конденсации и соконденсации, а также диспергирования металлов (электроискровой, гальванический, механохимический). Методы получения наночастиц оксидов металлов не разработаны столь подробно, имеются лишь отдельные примеры синтеза таких частиц. Так, наночастицы Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> получали окислением Fe-содержащих наночастиц [3], микроэмульсионным методом [4] и с использованием золь-гель-метода [5]. Показано, что состав и строение наночастиц сильно зависят от способа получения. Термораспад солей железа (III) с органическими кислотами является хорошо известным методом получения дисперсных порошков оксида железа [6, 7]. В данной работе термораспад ацетата Fe (III) был организован таким образом, что каждая отдельная капля раствора этого вещества попадала в нагретую гидрофобную среду; все дальнейшие превращения этой капли (испарение растворителя, термораспад, нуклеация) проходят внутри нанореактора, без подвода дополнительного вещества извне. В этом основное отличие использованного в данной работе метода получения материала, содержащего наночастицы состава Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Получение и исследования наночастиц оксида железа (III) ранее приведены в [4, 8].

Целью данного исследования является разработка метода получения наночастиц оксида желе-