



УДК 538.951

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАНОДИСПЕРСНЫХ МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

П.А. Ряполов

Юго-Западный государственный университет,
ул. 50 лет Октября, 94, Курск, 305040, Россия, e-mail: r-piter@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются несколько вариантов синтеза магнитных жидкостей. Для исследования структурных параметров магнитной жидкости используется магнитогранулометрический анализ и просвечивающая электронная микроскопия. Выделены оптимальные варианты синтеза магнитных жидкостей.

Ключевые слова: магнитные жидкости, наночастицы, магнитогранулометрический анализ, просвечивающая электронная микроскопия.

Введение

Магнитные жидкости (МЖ) представляют собой коллоидный раствор ферро- или ферримагнитных наночастиц в немагнитной жидкости-носителе. Главной особенностью МЖ в сочетании с высокой текучестью является способность взаимодействовать с внешним магнитным полем. Они нашли широкое применение в современной технике в качестве сред с управляемыми физическими параметрами.

Если на первоначальной стадии исследования МЖ ставилась задача получения стабильных систем, то в настоящее время актуальной является задача получения МЖ с заданными свойствами, определяющимися дисперсным составом коллоида, межчастичными взаимодействиями и степенью агрегирования, которые во многом зависят от магнитных и геометрических параметров наночастиц и распределения их по размерам.

§1. Методика получения и результаты исследования структуры образцов

В данной работе изучено влияние методики получения магнитных жидкостей на дисперсный состав и структурные параметры МЖ. Для анализа использовался магнитогранулометрический анализ (МГА) и просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).

Для исследования были синтезированы пять образцов МЖ по различным алгоритмам при различных условиях и отличающихся друг от друга дисперсным составом и структурными параметрами.



Образец МЖ-1 получен по методике химической конденсации [1]:

1. Получение высокодисперсного магнетита методом химической конденсации, его осаждение и отмывка от сопутствующих продуктов.
2. Пептизация («отбивка воды») путем добавления ПАВ с малым количеством дисперсионной среды с получением пасты.
3. Диспергирование пасты в дисперсионной среде с получением технической магнитной жидкости.
4. Магнитная сепарация и центрифугирование.
5. Измерение физико-химических свойств магнитных жидкостей.

При получении образца МЖ-2 были объединены стадии пептизации и диспергирования в жидкость-носитель. ПАВ предварительно смешивался с жидкостью-носителем, полученный раствор вливался в водный раствор магнетита.

В стадии пептизации при синтезе образца МЖ-3 ПАВ вводился вместе с неполярным растворителем (ацетоном) для лучшей абсорбции на частицах магнетита [2].

В предыдущих вариантах синтеза значительное время занимала отмывка магнетита от сопутствующих продуктов: приходилось несколько раз промывать образец до pH7. Образцы МЖ-4, МЖ-5 были получены объединением стадий 1-3: приливом в раствор солей предварительно приготовленного водного раствора аммиака, ПАВа и дисперсионной среды. Соли в образце МЖ-6 осаждались при комнатной температуре, в образце МЖ-5 при температуре 500С.

В табл. 1. представлены физические параметры полученных образцов: плотность ρ , концентрация твердой фазы φ_T , начальная магнитная восприимчивость χ , средний диаметр частицы x_0 , намагниченность насыщения M_s , доля магнитных включений φ , средний диаметр частицы $\langle x \rangle$, дисперсия распределения частиц σ . Для получения кривых намагничивания использовалась установка, подробно описанная в [3,4]. Анализ кривых намагничивания производился на основе теории ММФ2 [5]. Результаты аппроксимировались Гамма-распределением [6].

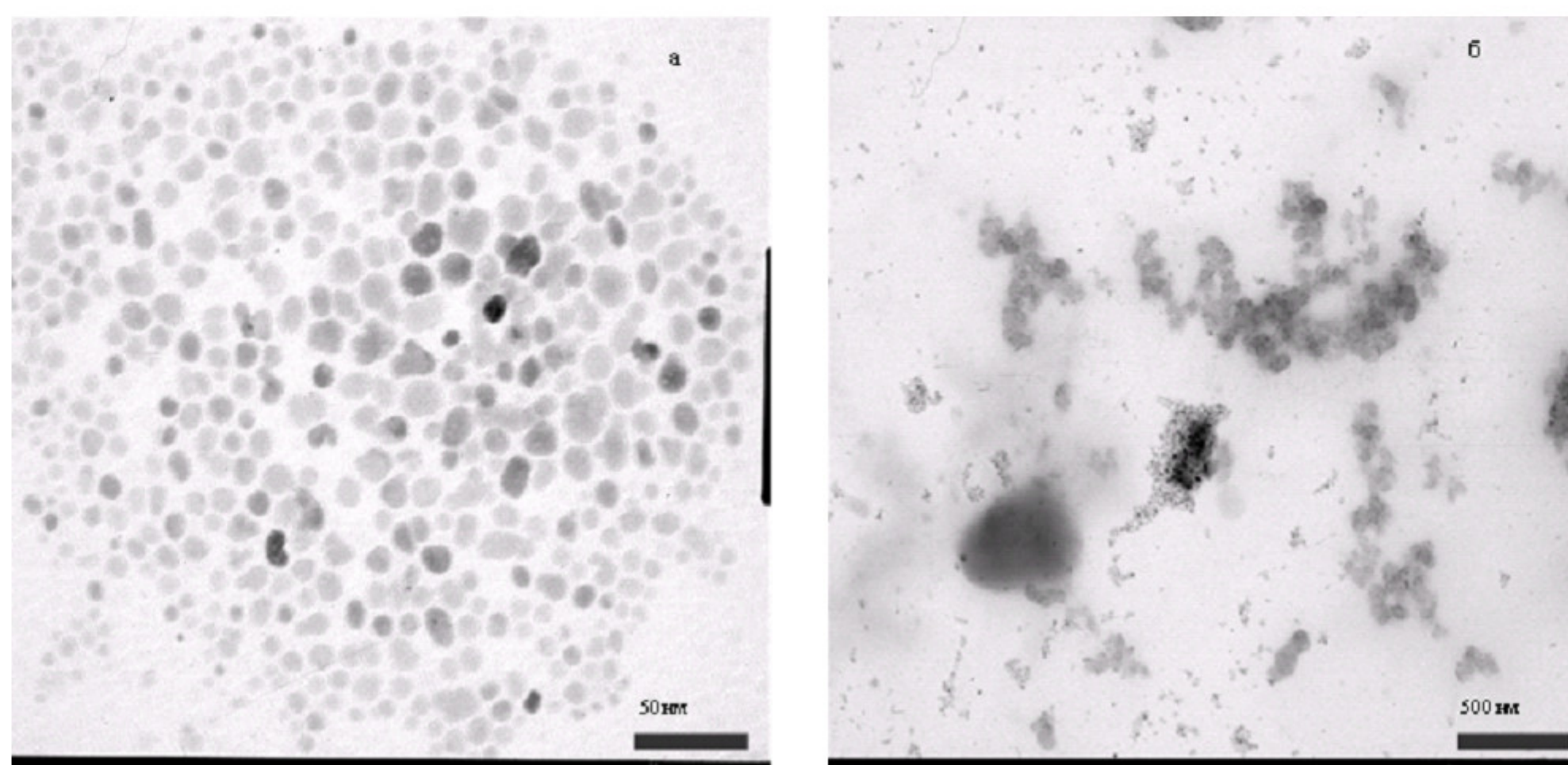
Таблица 1

Физические параметры полученных образцов

Образец	ρ , кг/м ³	φ_T , %	χ	M_s , кА/м	φ , %	$\langle x \rangle$, нм	σ
МЖ-1	1315	11,6	3,5	45,8	9,5	9,1	0,38
МЖ-2	1053	5,7	0,92	20	4,2	8,8	0,43
МЖ-3	1240	9,9	3,2	43	9,0	8,1	0,49
МЖ-4	1493	15,6	3,3	63,4	13,2	7,9	0,47
МЖ-5	1872	24,1	6,3	96,3	20,1	6,7	0,52

Для исследования структурных параметров образцы анализировались на просвечивающем электронном микроскопе JEM 2100. Реплики готовились следующим образом: исходная МЖ разбавлялась до концентрации 0,1 %, полученный раствор наносился на

подложку и высушивался в естественных условиях. На рис. 1 а показан характерный снимок монослойной реплики образца МЖ-1, полученный при ускоряющем напряжении 250 kV, длина маркера 50 нм. Необходимо отметить в образце МЖ-2 наблюдается наибольшее агрегирование (рис. 1 б – ускоряющее напряжение 30 kV, длина маркера 500 нм), частицы собираются в агломераты, практически отсутствует монослойное расположение частиц, это свидетельствует о неполном покрытии магнитной наночастицы ПАВ.



а

б

Рис. 1. Снимки МЖ-1, МЖ-2, полученные ПЭМ.

Результаты статистической обработки снимков, а также кривые распределения частиц по размерам, полученные МГА, представлены на рис. 2.

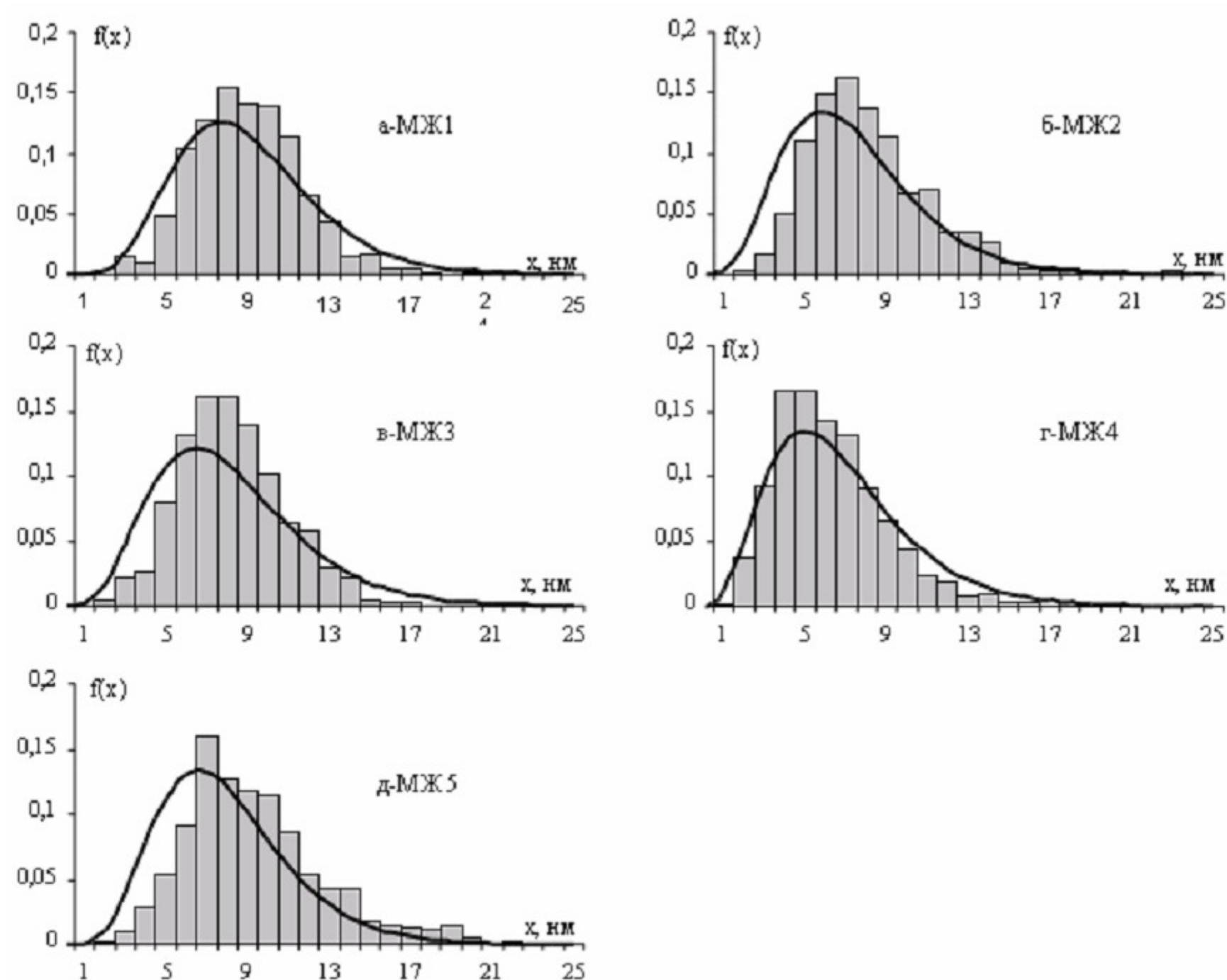


Рис. 2. Результаты статистической обработки данных просвечивающей электронной микроскопии, распределение частиц МЖ по размерам, полученное МГА.



Выводы

Из полученных данных следует, что образец МЖ-1 имеет наибольший средний размер частиц, образцы МЖ-3 – МЖ-5 имеют наименьший средний размер частиц, однако МЖ-5 характеризуется повышенной дисперсией размера частиц, что является следствием прохождения реакции при нагреве. Учитывая все вышесказанное можно утверждать, что оптимальным алгоритмом синтеза является технология получения образцов МЖ-4, МЖ-5, они характеризуются наибольшим значение намагниченности. Повышение температуры синтеза выше 30 °С приводит к дегидратации осадка, что оказывает существенное влияние на размеры частиц магнетита и дисперсию. Таким образом, изменяя порядок взаимодействия компонентов МЖ, удастся существенно изменить дисперсный состав и улучшить технические характеристики МЖ.

Исследование выполнено в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 - 2013 годы (Госконтракт № 14.740.12.0865 по обобщенной теме «Исследование новых конструкционных и функциональных материалов и технологий их обработки») на оборудовании Центра коллективного пользования «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» НИУ «БелГУ».

Литература

1. Бибик Е.Е. Достижения в области получения и применения ферромагнитных жидкостей / Е.Е. Бибик и др. // М.: ЦНИИ Электроника, 1979. – 60 с.
2. Грабовский Ю.П. Некоторые вопросы стабилизации магнитных жидкостей в углеводородных средах // Сб. науч. трудов 11-ой Международной Плесской конф. по магнитным жидкостям / Иваново: ИГЭУ, 2004. – С.8-13.
3. Емельянов С.Г. Об оценке физических параметров магнитных наночастиц / С.Г. Емельянов, В.М. Полуин, П.А. Ряполов и др. // Акуст. журн. – 2010. – 56;3. – С.316–322.
4. Polunin V.M. On the estimation of physical parameters of magnetic nanoparticles in magnetic fluid / Polunin V.M., Kobelev N.S., Ryapolov P.A., et al. // Magnetohydrodynamics. – 2010. – 46;1. – P.31-40.
5. Pshenichnikov A.F. Magneto-granulometric analysis of concentrated ferrocolloids / A.F. Pshenichnikov, V.V. Mekhonoshin, A.V. Lebedev // J. Magn. Magn. Mater. – 1996. – 161. – P.94-162.
6. Ivanov A.O. Magnetogranulometric Analysis of Ferrocolloids: Second-Order Modified Mean Field Theory / A.O. Ivanov, O.B. Kuznetsova // Kolloidnyi Zhurnal. – 2006. – 68;4. – P.472-483.



INVESTIGATION OF STRUCTURAL PARAMETERS OF NANOSIZED MAGNETIC FLUIDS

P.A. Ryapolov

Southwest State University,
50 let Oktyabrya st., 94, Kursk, 305040, Russia, e-mail: r-piter@yandex.ru

Abstract. The article reviews some results connected with structural parameters of magnetic fluids: disperse composition, aggregation degree, particles and aggregates sizes. Magnetogranulometric analysis, atomic force, scanning electron microscopy are used.

Several variants of the magnetic fluids synthesis are discussed. Magnetogranulometric analysis and transmission electron microscopy are used to investigate the magnetic fluid structural parameters. The best method of the magnetic fluids synthesis are identified.

Keywords: magnetic fluid, nanoparticles, magnetogranulometric analysis, microscopic methods.