



Егорова Анна Павловна

Ученица 11 химического класса СУНЦ МГУ

Частицы гексаферрит-золото для биомедицины и не только

Как приклеить золото к магнитной частице? И зачем? О работе, сделанной в сотрудничестве с факультетом наук о материалах МГУ, рассказывает экспериментатор. Научный руководитель работы – аспирант ФНМ МГУ Евгений Олегович Анохин.

Отличительной чертой нашего времени является тяга к междисциплинарности: постепенно люди начали осознавать, как полезно порой бывает взаимодействие наук для прикладных целей. Например, в медицине подбор форм новых фармакологических препаратов осуществляется благодаря компьютерному моделированию, проведение детальной диагностики проводится с применением биофизики, наночастицы используются в качестве меток в иммуноанализе.

Одна из главных задач современности – поиск новых методов и средств терапии видов рака различного генеза. Новым перспективным направлением магнитной терапии рака является механическое воздействие на мембраны клеток, управляемое внешним магнитным полем. Один из способов повышения селективности терапии – ковалентное

связывание специфических к раку антител с магнитными частицами, которое может быть достигнуто путем пришивки через якорные группы. В качестве наиболее удобной подложки для подобной «шивки» выступает золото, способное образовывать прочные связи с серосодержащими якорными (функциональными) группами. Перед нами встаёт вопрос: к каким же именно частицам стоит пришивать золото?

Наиболее часто встречающиеся магнитные жидкости состоят из суперпарамагнитных частиц, которые обладают высокой магнитной восприимчивостью и в то же время нулевой остаточной намагниченностью, а это значит, что они теряют свои свойства в отсутствие магнитного поля. Известно несколько примеров жидкостей на основе частиц, у которых та самая остаточная намагничиваемость есть, так называемых маг-

нитотвёрдых частиц. Но возникает другая проблема – сохранение коллоидной стабильности. Из-за диполь-дипольного взаимодействия частицы достаточно охотно агрегируют (слипаются) и выпадают в осадок, что весьма плачевно. Поэтому необходимо найти способ сделать так, чтобы растворы были стабильными, а частицы оставались в наноразмерном диапазоне.

В группе новых магнитных материалов на Химическом факультете МГУ мы занимаемся разработкой ряда перспективных направлений. К ним относится получение материалов для постоянных магнитов, не содержащих редкоземельных элементов, с рекордными магнитными характеристиками; вторым направлением является разработка неорганических мономолекулярных магнитов. Также мы получаем и исследуем уникальные магнитные жидкости на основе магнитотвёрдых наночастиц, которые могут быть использованы в магнитооптике и магнитомеханической терапии.

Мы синтезировали магнитотвёрдые частицы гексаферрита стеклокерамическим методом. Подобная методика синтеза позволяет получать частицы высокого структурного качества с однородной намагниченностью. Для этого нужно было сначала из смеси карбонатов, оксидов металлов и борной кислоты путём

высокотемпературного плавления и закалки получить боратные стёкла, а потом подвергнуть их кристаллизации при температуре 700°C в течение двух часов для получения стеклокерамики. Чтобы получить коллоидный раствор магнитных частиц, предварительно необходимо избавиться от боратной немагнитной матрицы, которую можно растворить хлороводородной кислотой: перетёртую стеклокерамику смешать с HCl , оставить отстаиваться на магните несколько минут, а когда наночастицы гексаферрита осядут на дне стакана, аккуратно слить жидкость, оставляя частицы нетронутыми.

В лаборатории была предпринята попытка получить композиты гексаферрита с золотом, смешав раствор коллоида с восстановителем и золотохлороводородной кислотой, но подобная методика не позволяет достичь желаемого результата – осаждаются крупные агрегаты золота, причём отдельно от гексаферрита. Поэтому возникла идея модифицировать поверхность наночастицы аморфным диоксидом кремния, который будет выполнять роль «клеявого» слоя. Для этого к образцу коллоида прикапывали раствор силиката натрия при постоянном перемешивании и контроле кислотности среды. В итоге получили частицы со структурой ядро-оболочка (рис. 1), распределённые в жидкости-носителе.

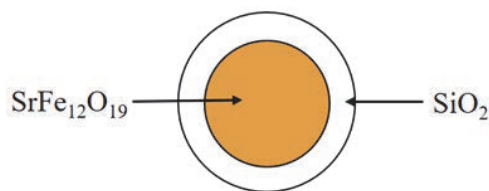


Рис. 1. Структура модифицированных наночастиц

Заключительная стадия – получение композитов: золотохлороводо-

родную кислоту нейтрализовывали, после чего смешивали при комнат-

ной температуре с коллоидным раствором и небольшим количеством органического восстановителя (этиленгликоля). Для того, чтобы в растворе могла «жить» монодепротонированная форма этиленгликоля, обладающая наибольшей восстановительной способностью, необходимо было предварительно нейтрализовать кислоту.

Таким образом мы получили коллоидные растворы магнитотвёрдых наночастиц гексаферрита стронция, поверхность которых модифицировали тонким слоем оксида кремния путем кислотного гидролиза силиката. Мы разработали методику осаждения наночастиц золота на поверхности путём полиольного восстановления солей золотохлороводородной кислоты в щелочной среде при комнатной температуре, доказали, что коллоидные растворы

стабильны (рис. 2), и показали с помощью метода динамического светорассеяния, что средний размер частицы – 50 нм, Дзета-потенциал – это разность потенциалов поверхности коллоидной частицы и слоя жидкости около неё, определяющая ее стабильность (значение -32 мВ говорит о хорошей устойчивости системы). Согласно просвечивающей электронной микроскопии (рис. 3), частицы композита обладают морфологией «зерно на поверхности», где зёрна – это десятинанометровые частицы золота.

Наше исследование – перспективная основа для дальнейших разработок, например, получения цельной оболочки на поверхности магнитотвёрдых частиц гексаферрита и последующего изучения поведения и стабильности в различных биологических средах.

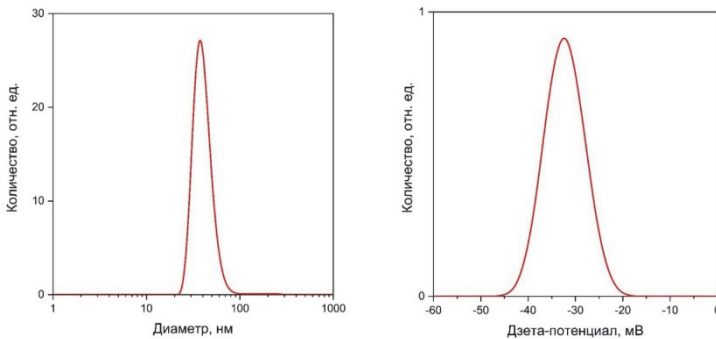


Рис. 2. Стабильность и свойства коллоидов

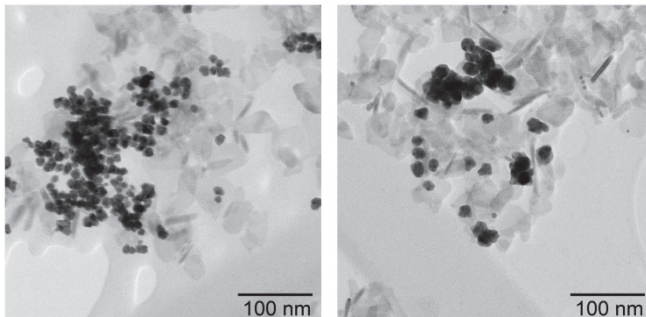


Рис. 3. Морфология частиц (на поверхности видны зерна золота со средним диаметром 10 нм)