

# МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦ И МЕТОДЫ ЕЁ КОНТРОЛЯ

Стрельников Д.В.

*Стрельников Данила Владимирович - студент магистратуры,  
кафедра информационно-измерительной и биомедицинской техники,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань*

**Аннотация:** в данной статье представлено, объяснение методов поверхностной модификации наночастиц и методов контроля степеней модификации данных частиц и порошков. Выявлены и проанализированы основные недостатки и плюсы применяемых методов. На основании этого анализа выбраны методы, обладающие наибольшим количеством плюсов и минимальным - отрицательных признаков.

В последнее время, все больше и больше внимания уделяют возможностям применения наночастиц в различных производственных и не только аспектах деятельности человека. Особое место здесь занимают нанохимия и наномедицина. Именно эти области заинтересованы в возможностях развития и увеличения способности различного применения наночастиц и наноматериалов.

Применение наночастиц и наноматериалов напрямую зависит от функциональных возможностей и свойств, используемых наночастиц и наноматериалов. Основное применение наночастицы и материалы нашли в качестве визуализирующих диагностических агентов.

Как мы знаем приоритетными при лечении, а также диагностике онкологических заболеваний в настоящее время являются способы точечной лазерной и магнитной гипертермии, адресной доставки лекарственных препаратов в составах магнитных фосфолипидов и магниторезонансная диагностика (МРТ). Такие способы и методы подразумевают использование наноразмерных порошков и материалов, характеризующихся особыми свойствами. Все применяемые материалы в данных методах должны обладать ферромагнитными, а соответственно в первую очередь это возможность для применения материалов на основе железа (Fe), его гидроксидов ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ) и оксидов ( $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_4\text{O}_5$ ).

Для успешного применения наночастиц в представленных выше методов необходима функциональная модификация поверхностей, используемых наночастиц [1].

На данный момент наиболее эффективным методом модификации является ковалентное связывание органических молекул с магнитными наночастицами (МНЧ). Одним из самых перспективных методов является нанесение органического слоя на наночастицы. Такая модификация позволяет в дальнейшем конденсацию с различными молекулярными векторами (антителами, ДНК, белками, пептидами).

Для получения наиболее эффективного метода модификации в большинстве случаев используют полярные растворители. В качестве полярных растворителей используют спирты ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  и его растворы и т.д.)

Для проверки нанесения органического слоя используется ИК-спектроскопия. Данный метод зарекомендовал себя с достаточной эффективностью и точностью. В ходе применения данной технологии модификации поверхностей наночастиц было разработано множество различных способов измерения.

При подобных способах модификации возможны изменения в морфологии наночастиц. При изменении морфологии частиц можно получить совершенно. Таким образом можно утверждать, что размерные, морфологические, а также структурные характеристики в значительной степени зависят от методик модификаций, методов и условий, получения требуемых наноструктур.

Для избегания нарушения в морфологии и структуре наночастицы необходимо совершить ряд проверок на их соответствие необходимым и установленным требованиям. В качестве одного из методов контроля структурной целостности и морфологического соответствия используется метод сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии. Вместе с тем, использованы могут быть и методы, базирующиеся на интегральных характеристиках нанопорошка. [2]

Это методы, основанные на анализе уширения и формы линий рентгеновской дифракции, методы малоуглового рентгеновского и нейтронного рассеяния, динамического светорассеяния, метод определения удельной площади поверхности порошков. Все эти методы обладают своими преимуществами и возможностями для их улучшения и прогрессии, а также рядом значительных недостатков, которые могут повлиять на характеристики частиц. Так, например, использование просвечивающей электронной микроскопии и, в какой-то мере, сканирующей электронной, туннельной и атомносиловой микроскопии, позволяет визуализировать и оценить размер, форму, степень агломерированности наночастиц, а в ряде случаев и строение нанокристаллов. Вместе с тем, из-за

использования различных ММ (мат. моделей) восстановления изображения, а также возможности исследования в реальных условиях только сравнительно небольших и не всегда представительных выборок, в итоге мы получаем высокую долю неопределенности и неточности в наших результатах. Методы, которые основываются на анализе данных рентгеновской дифракции, обладают более широким спектром определяемых параметров. Это фазовый состав, строение, средний размер и морфологические характеристики нанокристаллов:

- а) области когерентного рассеяния (ОКР);
- б) распределение ОКР по размерам.

Однако использование данного метода для определения, например, среднего размера ОКР по ширине дифракционного максимума, с использованием формулы Шеррера или распределения ОКР по размерам по анализу профиля линий рентгеновской дифракции приводит к значительным погрешностям из-за влияния различных факторов на эффект уширения дифракционных максимумов, из-за суперпозиции дифракционных линий от нескольких фаз, присутствия кристаллитов различного состава, а значит, с различными параметрами кристаллической решетки, наличия дефектов, микродеформаций и прочего. Помимо, определение распределения частиц по размерам на основании анализа профиля рентгеновских линий осуществляется путем решения обратной задачи и базируется на той или иной математической модели, а значит вновь достоверность и адекватность полученных результатов зависит от выбранной математической модели (аппарата) [3].

В заключении хотелось бы отметить, что включение в структуру, а также поверхностная модификация порошковых наноматериалов в значительной мере способствует наиболее высокой точности и скорости транспортировке наночастиц в составах различных препаратов по организму человека, что дает возможность для принятия адекватных действий и мероприятий в более короткий срок [4].

#### **Список литературы**

1. «Нанотехнологии. Правда и вымысел». *Иван Балабанов, Виктор Балабанов*. Изд. «Эксмо».
2. *Альмяшева О.В., Федоров Б.А., Смирнов А.В., Гусаров В.В.* Наносистемы: физика, химия, математика, 2010. Том 1. Морфология и структура частиц нанопорошка.
3. *Дёмин А.М., Уймин М.А., Мысик А.А., Ермаков А.Е., Краснов В.П.* Поверхностная модификация наночастиц производными аминокислот. Институт органического синтеза им. И.Я. Пастера. УрО РАН. Институт физики металлов УрО РАН, 2011.
4. *Стрельников Д.В.* Применение спиртов и кислот для модификации поверхности наночастиц. Сборник тезисов МНТК IV 2018 года, 2018.