

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора НИЯУ МИФИ

Н.И.Каргин



«12» сентября 2018г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»
на диссертационную работу Шведченко Дмитрия Олеговича
**«Разработка алгоритмов морфологического анализа наночастиц в
электронной микроскопии и установление механизма образования
наночастиц в растворах полимеров»**, представленную на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.18 – «Кристаллография, физика кристаллов»

Диссертация Шведченко Дмитрия посвящена разработке методов автоматизации статистического анализа наночастиц на их электронно-микроскопических изображениях с учетом особенностей формирования контраста изображений в просвечивающей электронной микроскопии и исследованию распределений наночастиц по размерам в зависимости от состава полимеров, используемых как восстановители ионов металлов и стабилизаторы наночастиц. Так как свойства наночастиц в значительной степени определяются их размерами, всё большую актуальность приобретает задача диагностики морфологии наночастиц, которая в значительной степени может быть решена с помощью просвечивающей электронной микроскопии. Возможность безошибочно распознавать изображения наночастиц на электронно-микроскопических снимках и измерять их размеры в настоящее время представляется актуальной задачей для исследователей в области физики и технологии наноструктур.

Научная новизна рассматриваемой работы заключается в следующем:

– во-первых, было теоретически продемонстрировано и экспериментально

подтверждено, что немонотонная зависимость интенсивности прошедшего электронного пучка от толщины проявляется для кристаллических наночастиц размером до 10 нм, имеющих сильный дифракционный контраст.

– во-вторых, данное обстоятельство было учтено в предложенном непороговом методе измерения размеров наночастицы, основанном на аппроксимации модели изображения частицы к экспериментальному изображению; модель изображения основывается на гипотезе о форме наночастиц.

– Предложен механизм формирования наночастиц, связывающий модовый диаметр в распределениях наночастиц серебра с числом восстанавливающих центров (кислорода и азота) в мономерах 2-деокси-2-метакриламида-*D*-глюкозы (МАГ) и диметиламиноэтилметакрилата (ДМАЭМ) в зависимости от их мольной доли в макромолекуле полимера.

Диссертационная работа Шведченко Д.О. изложена на 151 странице и состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов и списка литературы из 160 наименований.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, отмечена ее новизна и практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту, приводится информация об апробации работы и личном вкладе автора.

В первой главе приведен литературный обзор методов синтеза наночастиц с указанием особенностей, преимуществ и недостатков каждого метода. Приводятся литературные сведения о различных методиках, позволяющих выполнять статистический анализ размеров наночастиц. Указаны интервалы размеров частиц, на которых может быть получена достоверная информация о форме распределения частиц по размерам, недостатки и основные источники ошибок. Отмечаются сложности получения надежной информации о форме распределений частиц на всем нанодиапазоне и возможность их преодоления в рамках электронной микроскопии с автоматизированным анализом изображений. Приведен обзор литературы теоретических основ формирования контраста в электронном микроскопе и алгоритмов анализа изображений.

Во второй главе обсуждаются особенности формирования контраста наночастиц на (С)ПЭМ-изображениях; описывается процедура распознавания изображений частиц с помощью пороговой обработки; описана полиномиальная модель контраста наночастиц, аппроксимация которой позволяет измерять их размеры, указаны преимущества такого метода; описан интерфейс написанной программы Анализатор Наночастиц (АнНа), в которой реализованы разработанные алгоритмы; приводятся результаты тестирования программы на моделированных изображениях и сравнительного анализа результатов, полученных с помощью АнНа и других программ. Следует отметить новизну и оригинальность предложенного непорогового подхода для измерения размеров наночастиц.

В третьей главе описаны результаты проведенного с помощью программы АнНа статистического анализа наночастиц серебра, синтезированных с использованием гомополимеров 2-деокси-2-метакриламидо-*D*-глюкозы (МАГ) и диметиламиноэтилметакрилата (ДМАЭМ), а также их сополимеров. Приведены распределения по размерам количества частиц и полного объема серебра в зависимости от состава используемых гомо- и сополимеров. Приведены литературные данные, позволяющие сделать вывод, что мономер ДМАЭМ может восстановить один ион Ag^+ , тогда как мономер МАГ – до четырех ионов Ag^+ . С учетом этих данных предлагается модель роста наночастицы серебра. Отмечается хорошее совпадение модовых диаметров распределений в рамках модели и экспериментальных значений для сополимеров. Приведенные распределения по размерам серебряных наночастиц, синтезированных с использованием физических смесей гомополимеров МАГ и ДМАЭМ, доказывают гипотезу, приводимую в литературе, о том, что кинетика восстановления ионов Ag^+ при совместном присутствии мономеров МАГ и ДМАЭМ принципиально отличается от кинетики в присутствии лишь одного мономера. Отмечается, что гомогенность состава полимера можно считать границей применимости предложенной модели.

В четвертой главе приведены результаты исследования в рамках просвечивающей электронной микроскопии и малоуглового рентгеновского

рассеяния распределений по размерам наночастиц серебра и селена в образцах, приготовленных из одних и тех же коллоидных растворов. Приведены значения модовых диаметров распределений объема наночастиц по размерам, полученные в рамках ПЭМ и МУРР, отмечено несовпадение результатов различных методик и сформулированы возможные причины несовпадений. Продемонстрировано, что расхождения результатов могут носить систематический характер и зависят от структуры наночастиц. Для каждого метода указаны их преимущества и ограничения.

В заключении сформулированы основные результаты проведенных исследований и сделаны выводы.

Автореферат корректно отражает содержание работы.

Что касается практической значимости работы, то следует отметить, что полученные распределения наночастиц серебра по размерам и модель их роста могут быть положены в основу оптимизации условий синтеза наночастиц, установления баланса между полезными свойствами наночастиц серебра, риском побочных эффектов и стоимостью конечных продуктов. Разработанное программное обеспечение для автоматизированной обработки электронно-микроскопических снимков наночастиц и указанные преимущества комбинации методов ПЭМ и МУРР позволят в значительной степени ускорить морфологическую диагностику коллоидов наночастиц.

По диссертации Шведченко Д.О. можно сделать следующие замечания:

1. В обзоре литературы (глава 1) слишком сжато изложена информация о дифракционном контрасте, что затрудняет понимание материала второй главы.
2. Разработанный автором метод обработки изображений не учитывает вклад фазового контраста.

Отмеченные недостатки не снижают высокой ценности работы, не влияют на общее впечатление о работе и на положительную оценку.

Материал диссертации изложен последовательно, рисунки, графики и таблицы хорошо иллюстрируют содержание текста. Сформулированные выводы к каждой главе помогают воспринимать материал. Диссертация представляет собой

цельную научно-исследовательскую работу по актуальной тематике и обладает существенной практической значимостью.

По теме диссертационной работы опубликовано 4 статьи в рецензируемых научных журналах. Результаты представлены на 11 различных российских и международных конференциях.

Диссертационная работа Шведченко Д.О. может рассматриваться как научно-квалификационная работа, в которой содержится решение актуальных задач, имеющих важное значение для морфологической диагностики коллоидов наночастиц и синтеза наночастиц серебра с заданными свойствами. Работа является законченным исследованием и полностью соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным согласно разделу 2 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации, а ее автор, Шведченко Дмитрий Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – кристаллография и физика кристаллов.

Доклад и отзыв по диссертационной работе Шведченко Д.О. «Разработка алгоритмов морфологического анализа наночастиц в электронной микроскопии и установление механизма образования наночастиц в растворах полимеров» заслушаны и обсуждены на заседании семинара кафедры физики микро- и наносистем 11 сентября 2018 года (протокол № 5).

Отзыв составил:

доктор физико-математических наук,
профессор, заместитель заведующего
кафедрой физики микро- и наносистем



Чистяков А.А.

115409, город Москва, Каширское шоссе, 31
E-mail: chistaa@mail.ru, AAChistykov@mephi.ru
тел: 8 (495) 788-56-99, доб. 8554