

«Утверждаю»

Ректор РХТУ им. Д.И. Менделеева
д.х.н., профессор С.Н. Филагов

«27»

2025 г.



Отзыв ведущей организации

федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования

«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»
на диссертационную работу Ленгерт Екатерины Владимировны на тему:
*«Альгинатные микроконтейнеры, модифицированные серебряными
наночастицами: получение, свойства и применение»*,
представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности 1.4.4. «Физическая химия».

Актуальность темы диссертационного исследования.

Диссертационная работа Ленгерт Екатерины Владимировны посвящена разработке методов доставки и управляемого высвобождения сорбированных веществ с возможностью оценки влияния высвобождаемых веществ на локальное окружение. Эта задача представляет значительный интерес для разработки медицинских технологий при лечении широкого спектра заболеваний, включая онкологические заболевания, воспаления полости рта и другие распространенные заболевания. Отличительной чертой работы является использование микроконтейнеров, сохраняющих целостность при подведении вещества, и способных к разрушению при определенном воздействии. В качестве базовой системы были взяты альгинатные микроконтейнеры, как биосовместимые носители сорбированных веществ. Модификация их наночастицами серебра приводит к возможности управления высвобождением сорбированных веществ при воздействии ИК излучения. На примере БСА показана высокая сорбционная способность систем и склонность к управляемому высвобождению. Отдельно следует указать на

высокую чувствительность системы к химическому окружению микроконтейнеров за счет резкого усиления комбинационного рассеяния, что позволяет определять вещества до концентраций 10^{-8} М.

Перечисленные направления исследований однозначно указывают на актуальность проведенных исследований не только для понимания физико-химических процессов в выбранных сложных системах, но и в разрабатываемых новых технологиях для медицины и фармакологии.

Структура и объем диссертационной работы.

Диссертация изложена на 111 страницах и включает в себя введение, 5 глав, выводы, список литературы из 164 источников. Текст диссертации содержит 25 рисунков и 3 таблицы. Автореферат диссертации представлен на 22 страницах. Автореферат практически полностью отражает основное содержание диссертации, а кроме того, в нем дополнительно приведены основные публикации автора по теме диссертации и выступления на конференции.

Научная новизна работы заключается в следующем:

Получены темплатным методом гибридные микроконтейнеры с альгинитной матрицей и наночастицами серебра. Разработанный метод позволил получать частицы с заданными размером и формой и стабильные в лиофилизированном состоянии.

Установлена зависимость между количеством адсорбированных ионов серебра на шаблонных ядрах ватерита и структурой оболочек альгинатных микроконтейнеров.

Установлена зависимость между параметрами ультразвукового и лазерного излучения и кинетикой десорбции модельных веществ. Установлено, что синтезированные наночастицы серебра *in situ* в составе альгинатной матрицы оболочек микроконтейнеров позволяют индуцировать десорбцию высокомолекулярного соединения из альгинатных микроконтейнеров без деструктивного влияния на биологические объекты (*C. elegans*).

Показано, что наличие наночастиц серебра с малым межчастичным расстоянием приводит к эффекту гигантского комбинационного рассеяния света. Этот эффект позволяет детектировать соединения с функциональными группами -SH, -NH₂, -COOH в диапазоне концентраций от 0,01 до 1000 мкМ.

По совокупности этих результатов видно, что данная работа соответствует высокому научному уровню, а достигнутые показатели выше, чем представленные в современной научной литературе.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что: разработаны микросистемы, которые могут направлено доставлять активные вещества в альгинатных контейнерах и стимулировать их быстрое высвобождение под воздействием ультразвукового или инфракрасного излучения. При этом без излучения высвобождение будет носить пролонгированный характер. Кроме того, показано, что в систему дополнительно могут быть введены магнитные частицы (магнетит), что позволяет осуществлять более направленный транспорт. Эти результаты могут быть использованы при разработке лекарственных форм для таргетной терапии онкологических заболеваний, пролонгированной противовоспалительной и антибактериальной терапии. Такие работы востребованы в таких организациях как научно-исследовательский центр ООО «ЛИФТ», Сеченовский университет, НИИ ГБ им. Краснова, Саратовский государственный университет им. В.И. Разумовского.

Отдельно следует указать на обнаруженный эффект гигантского когерентного рассеяния, который проявляется при наличии частиц серебра, находящихся на малом (до 5 нм) расстоянии друг от друга, что позволяет резко снизить нижний предел обнаружения (до 10^{-8} моль/л по Родамину Б), что крайне важно для тераностики. Разработки таких подходов активно ведутся в следующих научных центрах России: Сколковский институт науки и технологий, Национальный исследовательский университет ИТМО, Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского и других.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием сертифицированного метрологически аттестованного оборудования, применением аттестованных и стандартизованных методик выполнения измерений. Показано, что научные результаты, не противоречат данным, представленным в современной научной литературе.

При анализе диссертационной работы и автореферата возникли следующие **вопросы и замечания:**

1. Литературный обзор выглядит несколько непроработанным. Помимо некоторой стилистической небрежности и опечаток (например: «Пористость является ценной характеристикой микрочастиц CaCO_3» (с. 32); «Физические поля хорошо подходят для стимул иророванияконтролируемого» (с. 34)), в литературном обзоре явно не хватает выводов.
2. В автореферате практически не изложена (только упомянута) методика темплатного синтеза, которая поставлена в качестве одной из задач.
3. Некоторые результаты требуют дополнительных обоснований и пояснений, например:
 - как было установлено, что образовался именно магнетит, а не иные железосодержащие фазы (гематит, маггемит и т.д.)? Ни в разделе 2.5, где описана методика получения, ни в разделе 2.7, где описывается адсорбция магнетита и характеристика его по числу частиц, не представлено доказательств формирования именно магнетита.
 - На рисунке 10 (стр. 62, Глава 3) представлена скорость осаждения, как функция концентрации. Как определяли скорость осаждения?
 - На странице 66 (Глава 3) указывается, что в наиболее крупных контейнерах при равномерном распределении обеспечивается оптимальное расстояние между наночастицами серебра. Как было установлено это расстояние?
 - Что имеет в виду автор, приводя рисунок 20 (стр. 81, Глава 5), с учетом того, что по осям отложена константа скорости и время?

- Отдельно следует задать вопрос о том, где же на самом деле находится БСА?

4. Насколько можно считать корректным измерения ζ -потенциала в условиях осаждения частиц и насколько можно принимать адекватной оценку ошибки измерения этой величины (таблица 2, стр. 54, глава 2)?
5. И в литературном обзоре (Глава 2), и в экспериментальной части (Глава 3) автор много внимания уделяет двойникам в серебре. С чем это связано, и как автор оценивает те двойники, которые были обнаружены в работе?

Несмотря на указанные замечания, диссертационная работа Ленгерт Екатерины Владимировны заслуживает положительной оценки и обладает как научной, так и практической значимостью. Совокупность результатов диссертации представляет собой значимое научное достижение в области физической химии.

Диссертационная работа соответствует Паспорту научной специальности 1.4.4. «Физическая химия» в части пунктов:

- п. 3. Определение термодинамических характеристик процессов на поверхности, установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях;
- п. 4. Теория растворов, межмолекулярные и межчастичные взаимодействия. Компьютерное моделирование строения, свойств и спектральных характеристик молекул и их комплексов в простых и непростых жидкостях, а также ранних стадий процессов растворения и зародышеобразования;
- п. 7. Макрокинетика, механизмы сложных химических процессов, физикохимическая гидродинамика, растворение и кристаллизация.

Заключение. Диссертационная работа Ленгерт Екатерины Владимировны на тему: «Альгинатные микроконтейнеры, модифицированные серебряными наночастицами: получение, свойства и применение» является законченной научно-квалификационной работой, полностью отвечающей требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (в актуальной

редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертации, Ленгерт Екатерина Владимировна, заслуживает присуждения ей искомой ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. «Физическая химия».

Диссертационная работа, автореферат и отзыв были обсуждены и одобрены на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.

Менделеева, состоявшемся 08 октября 2025 года, протокол № 2. Присутствовали на заседании – 6 человек. Результаты голосования: «за» – 6 человек, «против» – 0, «воздержались» – 0, протокол № 2 от «08» октября 2025 г.

Заведующий кафедрой
наноматериалов и нанотехнологии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
Д.ф.-м.н., доцент

Родин Алексей Олегович

Секретарь заседания
ассистент кафедры
наноматериалов и нанотехнологии
РХТУ им. Д.И. Менделеева

Широких Анастасия Дмитриевна