

## ОТЗЫВ

официального оппонента Букреевой Татьяны Владимировны  
на диссертационную работу Кочергина Тараса Павловича  
«Модификация микроструктурированного стекла нанокompозитными покрытиями с  
заданными физико-химическими свойствами»  
на соискание ученой степени кандидата химических наук  
по специальности 1.4.4. Физическая химия

В настоящее время возрастает научный интерес к исследованиям в области управляемой модификации поверхности микроструктурированных оптических волокон (МСВ) – перспективной основы многофункциональных сенсорных систем. Широкое развитие разработок в области создания таких объектов для их применения в качестве платформ медицинской диагностики обусловлено возможностью их одновременного использования в качестве носителя, оптического фильтра, проводника оптического сигнала и компонента эндоскопа, способного к низкоинвазивному проникновению в полые органы. Регулируемая модификация поверхности микроструктурированного стекла может значительно расширить возможности практических применений МСВ, поэтому тема диссертации Т.П. Кочергина, несомненно, является **актуальной**.

Проведенные исследования продолжают цикл работ коллектива лаборатории по модификации фотонно-кристаллических волноводов, в частности, диссертационной работы Пиденко С.А. (2018 г.) по химической модификации внутренней поверхности МСВ с полый сердцевиной (МСВ-ПС) силанизирующими реагентами и полианилином. **Научная новизна** исследований Т.П. Кочергина заключается в предложении и реализации способа управляемой модификации внутренней поверхности МСВ-ПС путем регулируемого нанесения полимерного, а также нанокompозитного полимерного покрытия за счет последовательной адсорбции противоположно заряженных полиэлектролитов и наночастиц (магнитных наночастиц и люминесцентных квантовых точек). В работе **впервые** предложено использовать такой подход для управления оптическими свойствами МСВ-ПС. Метод послойного нанесения полиэлектролитов, в том числе с включением наночастиц, детально разработан для плоских покрытий, а также покрытий коллоидных частиц с целью получения микрокапсул. Нанесение на специфическую поверхность микроструктурированного стекла в работе Т.П. Кочергина осуществлено и изучено **впервые**. При этом автором продемонстрирована возможность формирования полимерного и нанокompозитного покрытий регулируемой структуры, что обеспечивает направленное изменение положения спектральных полос в спектрах пропускания МСВ-ПС. Предложенный довольно простой и изящный способ модификации МСВ-ПС для управления их оптическими свойствами, а также придания им

дополнительных свойств, например, магнитных, определяет несомненную **практическую значимость** диссертационного исследования. Кроме того, подход открывает широкие возможности дальнейших разработок в этой области, так как выбор синтетических и природных полиэлектролитов, а также функциональных наночастиц достаточно велик.

Одним из **достоинств** представленной работы является ее четкая структурированность. Описание экспериментальных результатов разделено на три главы, посвященные созданию и исследованию трех систем – покрытий внутренней поверхности МСВ-ПС из полиэлектролитных слоев, нанокомпозитных слоев с магнитными наночастицами (МНЧ) и нанокомпозитных слоев с люминесцентными квантовыми точками (КТ). Каждой из этих глав соответствует публикация.

Хотелось бы отдельно отметить интересные и практически важные результаты по модификации МСВ-ПС нанокомпозитными слоями с МНЧ, дающей возможность проведения исследований методом магнитно-резонансной томографии. Показано, что оптимальная толщина покрытия внутренней поверхности МСВ-ПС, полученного послойным нанесением хлорида полидиаллилдиметиламмония (ПДДА) и наночастиц магнетита, составляет 1-5 бислоев, так как большее количество бислоев приводит к артефактам при сканировании методом магнитно-резонансной томографии и ухудшает свойства передачи МСВ-ПС.

**Достоверность** полученных в диссертации результатов не вызывает сомнений, она подтверждается использованием современных методов исследования, согласованностью с литературными данными, апробацией на значимых научных конференциях.

В результате выполненных в диссертационной работе исследований поставленная цель – выявление закономерностей формирования и свойств полиэлектролитных слоев на внутренней поверхности МСВ-ПС и внесения в них люминесцентных полупроводниковых квантовых точек и магнитных наночастиц – достигнута. Научные положения, выносимые на защиту, отражают основные результаты диссертационного исследования. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Однако, несмотря на высокий уровень работы, по ней имеется ряд **замечаний**:

1. По структуре диссертации. Глава 1 представляет собой литературный обзор, дающий описание типов микроструктурированных волокон и способов их модификации для использования в сенсорике. При этом в п. 1.3 рассмотрен и метод электростатической самосборки, частным случаем которого является послойное нанесение полиэлектролитов и полиэлектролитов и заряженных наночастиц. Однако способ послойного нанесения полиэлектролитов автор детально описывает в п. 3.1 Главы 3, а в п. 4.1 Главы 4 приведены литературные данные по послойносорбанным полимерным

наноккомпозитам с наночастицами оксидов железа. На мой взгляд, логичнее было бы весь литобзор объединить в Главе 1.

2. В экспериментальной части недостаточно подробно описана методика нанесения покрытий (стр. 45). А именно, непонятно, каким образом образец МСВ-ПС поочередно заполняли растворами полимеров. Только при описании экспериментов по формированию наноккомпозитного покрытия в Главе 4 на стр. 82 можно обнаружить, что «фрагмент МСВ-ПС герметично соединяли с наконечником дозатора для пипеток, который использовали для заполнения волокна полиэлектролитами и МНЧ». Контролировалось ли при этом отсутствие пустот в объеме заполненного капилляра?
3. При изучении ПДДА, полистиролсульфоната натрия (ПСС) и их комплексов в водных растворах (п. 3.2 диссертации, стр. 9 автореферата) не приведены значения рН среды, а между тем известно, что величина дзета-потенциала существенным образом зависит от этого параметра.
4. В результате изучения взаимодействия ПДДА и ПСС в растворах делается вывод о «невозможности работы с раствором, содержащим два полиэлектролита в концентрации выше 0,2 мг/мл (формирование крупных агрегатов)». Создается впечатление, что изначально автор планировал модификацию оптического волокна сразу полиэлектролитным комплексом, хотя на основании литобзора был выбран метод послойного нанесения противоположно заряженных полиэлектролитов. Непонятно, зачем проводилось исследование комплекса ПДДА/ПСС в растворе.
5. Показано, что в случае внесения слоя КТ происходит уменьшение длины волны максимума пропускания, при этом нанесение последующего слоя ПДДА – к ее увеличению. Автор предполагает, что это связано «либо со снижением толщины полимерного слоя при внесении КТ, вероятно как результат электростатического взаимодействия; либо с влиянием люминесценции КТ». Для уточнения первой причины следовало изучить изменение толщины аналогичного покрытия (например, используя метод атомно-силовой микроскопии) при нанесении слоев на поверхность плоской подложки.
6. По оформлению диссертации. Несмотря на общее хорошее оформление, имеется ряд опечаток (например, для обозначения просвечивающей электронной микроскопии используется то ПЭМ (стр. 5, 42), то ТЭМ (стр. 81)). Ссылка [81] на публикацию в российском журнале дана в переводной английской версии.

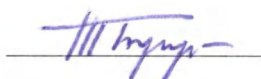
Сделанные замечания не носят принципиальный характер и не снижают общей высокой оценки диссертационного исследования.

Результаты работы могут быть использованы в проведении научных

исследований в университетах (Сколковский институт науки и технологий, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, Тамбовский государственный технический университет) и научно-исследовательских институтах (Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина) и других научно-образовательных центрах страны.

Диссертация Кочергина Тараса Павловича «Модификация микроструктурированного стекла нанокompозитными покрытиями с заданными физико-химическими свойствами» удовлетворяет всем требованиям, установленным п. 9-11, 13, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, как научная квалификационная работа, в которой содержится решение задач, имеющих существенное значение для современной физической химии. Соискатель ученой степени Кочергин Т.П. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Официальный оппонент  
доктор химических наук  
(специальность 02.00.11 – коллоидная химия), доцент,  
заведующая лабораторией биоорганических структур  
Федерального государственного учреждения  
«Федеральный научно-исследовательский центр  
«Кристаллография и фотоника» Российской академии наук»



Букреева Татьяна Владимировна

«19» 01 2023 г.

Почтовый адрес: 119333, г. Москва, Ленинский просп., д. 59, ИК РАН

e-mail: bukreeva@crys.ras.ru

тел.: +7(499)1354020

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

Ученый секретарь



