ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Ивановой Виктории Николаевны** «**Получение и исследование сенсорных свойств гибридных материалов на основе углеродных нанотрубок и производных фталоцианина, пирена и фенилкумарина**», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – физическая химия.

Работа Ивановой Виктории Николаевны посвящена синтезу и исследованию сенсорных свойств новых гибридных материалов, содержащих одностенные углеродные нанотрубки (УНТ) и замещенные металлофталоцианины. Несмотря на то, что сами по себе углеродные нанотрубки и металлофталоцианины – достаточно известные соединения, со своими областями применения, в том числе и в сенсорике, информации о гибридных материалах на основе УНТ с ковалентно или нековалентно связанными металлофталоцианинами крайне мало. Систематические исследования влияния структуры металлофталоцианинов на сенсорные свойства таких материалов не проводились.

В связи с этим работа Ивановой В.Н., посвященная синтезу гибридных материалов на основе УНТ, функционализированных замещенными металлофталоцианинами, а также производными пирена и фенилкумарина, изучению их сенсорных свойств и систематизации полученных данных, **является весьма актуальной**.

Научная новизна работы заключается в разработке эффективных методов функционализации УНТ производными фенилкумарина и пирена и замещенными металлофталоцианинами. Выявлена зависимость сенсорных свойств материалов от количества пиреновых фрагментов в металлофталоцианинах. Определены наиболее чувствительные гибридные материалы, обладающие крайне низким порогом обнаружения аммиака и сероводорода. Следует отметить, что исследование полученных материалов проводилось с помощью современных физико-химического методов анализа, таких как электронная микроскопия (СЭМ, ПЭМ), колебательная спектроскопия (ИК, КР), атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС), электронная спектроскопия поглощения и термогравиметрический анализа (ТГА).

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные гибридные материалы могут быть рекомендованы в качестве активных слоев адсорбционно-резистивных сенсоров на аммиак и сероводород.

По материалам работы опубликовано 17 научных работы, среди которых 8 статей, входящих в «Перечень рецензируемых научных изданий» ВАК и базы данных Scopus и Web of Science (пять статей квартиля Q1 и три статьи квартиля Q2), и 9 тезисов докладов на конференциях. Публикации по диссертации адекватно и полно отражают ее содержание.

После прочтения автореферата возникло несколько вопросов и замечаний.

1) Известно, что введение пиреновых заместителей во фталоцианиновое ядро облегчает связывание УНТ с красителем за счет нековалентных взаимодействий (например, π–π стэкинг взаимодействий). А с какой целью исследовались производные пирена и, тем более, фенилкумарина? Ведь если цель состояла только в «сшивании» УНТ путем азид-алкинового циклоприсоединения, то можно было бы использовать и более доступные диины.
2) Чем обусловлен выбор центральных металлов в комплексах фталоцианинов?
3) На вставке рисунка 3в крайне проблематично увидеть «*равномерно распределенные агрегаты из молекул фталоцианина*».
4) Проводилось ли измерение толщины слоя гибридного сенсорного материала? Если да, то как контролировалась толщина этого слоя и исследовалось ли влияние толщины слоя на сенсорный отклик?
5) Не вполне корректно связывать различие сенсорных свойств гибридных материалов на основе SWCNT/CoPc-16py и SWCNT/CoPc-1p только с различным количеством пиреновых фрагментов (стр. 12), так как в этих материалах привитые фталоцианины кобальта отличаются не только числом указанных фрагментов, но и по геометрии (симметрично и несимметрично замещенные), типу заместителей (полиэфиры, арилокси-группы) и линкерным атомам (сера или кислород).
6) С чем связано уменьшение пределов обнаружения аммиака при увеличении количества пиреновых фрагментов в макрогетероцикле?

Высказанные замечания не носят принципиального характера и не умаляют отмеченных выше достоинств работы.

Таким образом, из рассмотрения разделов автореферата «Общая характеристика работы», «Основное содержание диссертации» и «Основные результаты и выводы» следует, что Иванова В.Н. успешно справилась с

задачами исследования и получила ценные научные и практические результаты, которые исчерпывающе представлены в указанных разделах автореферата. Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечены использованием современных физико-химических методов исследования. Выводы по работе соответствуют результатам проведенных исследований.

На основании изложенного заключаем, что, судя по автореферату, рецензируемая диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития физической химии материалов для сенсорных устройств. По тематике, объектам и методам исследования, обработке и трактовке результатов она соответствует паспорту заявленной специальности 1.4.4 – физическая химия.

Считаем, что по актуальности, новизне, уровню решения поставленных задач, научной и практической ценности полученных результатов рецензируемая диссертация полностью соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук в пунктах 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), а ее автор **Иванова Виктория Николаевна** безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 –. физическая химия.

Доцент кафедры химической технологии
органических красителей и фототропных соединений
Санкт-Петербургского государственного технологического института
(технического университета)
канд. хим. наук, доцент _______________ А.В. Зиминов

Заведующий кафедрой химической технологии
органических красителей и фототропных соединений
Санкт-Петербургского государственного технологического института
(технического университета)
д-р хим. наук, профессор,
почетный работник сферы образования РФ _______________ С.М. Рамш

28 мая 2025 г.

Подпись Рамша Стани... Зиминова Андрея Викторовича
Начальник отдела кадров Михайлова Е.В.

Контактные данные
ФИО: Зиминов Андрей Викторович
Почтовый адрес: 190013, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 24-26/49 лит. А
Телефон: +7 (812) 494-92-27
e-mail: ziminov@spbti.ru
Наименование организации (полное / сокращенное):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» / СПбГТИ(ТУ)

ФИО: Рамш Станислав Михайлович
Почтовый адрес: 190013, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 24-26/49 лит. А
Телефон: +7 (812) 494-92-27
e-mail: sramsh@spbti.ru
Наименование организации (полное / сокращенное):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» / СПбГТИ(ТУ)