О Т З Ы В

на автореферат диссертации Ивановой В.Н. на тему

«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.

В настоящее время Углеродные нанотрубки (CNT) рассматриваются как перспективные материалы для чувствительных адсорбционно-резистивных газовых сенсоров. Особый интерес представляют функционализированные нанотрубки различными классами соединений, среди которых особое внимание уделяют полиароматическим молекулам, в т.ч., производным пирена, фенилкумарина, фталоцианинов металлов. Подход, выраженный в нековалентной и ковалентной функционализации перспективен для преодоления неконтролируемой агрегации и улучшения сенсорных характеристик CNT, таких как предел обнаружения, чувствительность, селективность и т.д. Большое разнообразие полиароматических соединений и синтетических подходов к ковалентной и нековалентной функционализации углеродных нанотрубок позволяет получать материалы с заданными свойствами. Среди полиароматических соединений большой интерес представляют фталоцианины металлов (MPc), однако сами MPc обладают низкой проводимостью, что ограничивает их применение в портативных устройствах для определения различных газов. Сочетание свойств углеродных нанотрубок (квазиодномерная электронная структура, более высокая проводимость по сравнению с фталоцианинами, большая площадь поверхности) и MPc (высокая чувствительность к различным газам аналитам) приводит к созданию уникальных адсорбционно-резистивных газочувствительных систем. Определенные перспективы открывает возможность получения 3D структуры на основе углеродных нанотрубок, перекрестно сшитых через различные молекулы-линкеры, в качестве которых также часто используются полиароматические молекулы. Такие 3D структуры CNT могут обладать специфическими морфологическими, электрическими, адсорбционными и сенсорными свойствами. В связи с этим исследование функционализированных материалов на основе углеродных нанотрубок, в т.ч. 3D структур из них, представляет большой интерес и носит актуальный характер ввиду возможности их использования в качестве более чувствительных адсорбционно-резистивных газовых сенсоров, чем сенсоры на основе исходных углеродных наноматериалов. Работа имеет системный характер в области

физической химии и справедливо квалифицируется как выполненная по специальности 1.4.4 – физическая химия.

В работе впервые впервые методом нековалентной и ковалентной функционализации углеродных нанотрубок получены новые гибридные материалы SWCNT с производными пирена, фенилкумарина, фталоцианинов кремния, цинка и кобальта. Показано, что с увеличением числа пиреновых заместителей в молекуле фталоцианина цинка наблюдается рост сенсорного отклика слоев гибридных материалов на аммиак, а так же, что гибридные материалы, полученные методом ковалентной функционализации, обладали большей степенью бóльшим сенсорным откликом на аммиак, чем гибридные материалы, полученные методом нековалентной функционализации. Установлено, что на сенсорный отклик слоев гибридных материалов влияет как природа полиароматической молекулы, так и тип функционализации. Найдена корреляция между степенью функционализации углеродных нанотрубок и величиной сенсорного отклика их слоев на аммиак. Установлено, что наибольшим сенсорным откликом обладали 3D гибридные материалы, а среди 3D гибридных материалов наиболее высоким сенсорным откликом на аммиак и сероводород обладал 3D материал в котором в качестве молекулы-линкера выступал фталоцианин кобальта с заместителями во фталоцианиновом кольце. Величина сенсорного отклика таких слоев на аммиак была в 15-37 раз выше, чем отклик слоев исходных нанотрубок.

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, обсуждения результатов, заключения и выводов, а также списка литературы.

С точки зрения недостатков в работе, после прочтения автореферата возник ряд вопросов:

1. В разделе **Научная новизна** автор приводит фразу: «На примере углеродных нанотрубок с производными пирена и фенилкумарина показано, что гибридные материалы, полученные методом ковалентной функционализацией углеродных нанотрубок, обладали большей степенью функционализации и бóльшим сенсорным откликом на аммиак, чем гибридные материалы, полученные методом нековалентной функционализации». Не совсем понятно, что хотел автор подразумевает под большей ***степенью функционализации***, как эта степень оценивалась и в каких еденицах?
2. В разделе **Гибридные материалы, полученные методом нековалентной функционализации SWCNT фталоцианинами цинка и кобальта. Влияние количества пиреновых заместителей на сенсорные свойства гибридных материалов** автор обсуждает результаты функционализации углеродных нанотрубок ссылаясь на данные, приведенные на

рис. 2 и рис. 3., однако эти рисунки, приведенные в автореферате, к сожалению, не обладают достаточным качеством, для подтверждения приведенных выводов.

3. Наибольший практический интерес представляют результаты адсорбционно-резистивных сенсорных откликов функционализированных слоев CNT, приведенных на рис. 5, 6, 15, 16 и т.д. Однако автор не приводит данные о воспроизводимости полученных откликов на длительных временных промежутках, что может быть важным при практической реализации полученных результатов.

Несмотря на отмеченные замечания, работа Ивановой В.Н. соответствует уровню кандидатской диссертации и обладает несомненной теоретической и практической значимостью. По теме работы опубликовано достаточное количество работ (8) в рецензируемых международных журналах, рекомендованных ВАК РФ, в том числе шесть статей в журналах первого квартиля и две статьи в журналах второго квартиля.

Диссертация Ивановой Виктории Николаевны на тему «ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СЕНСОРНЫХ СВОЙСТВ ГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И ПРОИЗВОДНЫХ ФТАЛОЦИАНИНА, ПИРЕНА И ФЕНИЛКУМАРИНА» является завершенным научным исследованием, соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.4 – физическая химия.

Кандидат химических наук,
специальность 1.4.4 – физическая химия
Заведующий Лаборатории фоторезистивных материалов
ФГБУН Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук (НИОХ СО РАН)

19.05.2025 Евгений Владимирович Васильев

630090. г. Новосибирск,
проспект Академика Лаврентьева, д.9
Тел. 8(383)330-96-42
e-mail: e.v.vasilyev@yandex.ru

Подпись Е.В. Васильева заверяю
Начальник отдела кадров НИОХ СО РАН Светлана Сергеевна Паньшина

20.05.2025