

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по науке и стратегическим проектам Томского Политехнического университета

И.Б. Степанов

«23» июня 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Диссертация *«Физико-химические основы функционализации поверхностей углеродных материалов и диалъкогенидов молибдена: от новых реагентов к фундаментальным аспектам применения»* по специальности *1.4.4 – Физическая химия* выполнена в исследовательской школе химических и биомедицинских технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ).

В период подготовки диссертации соискатель *Свиридова Елизавета Витальевна* 1994 года рождения работала в исследовательской школе химических и биомедицинских технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» в должности инженера с 22.07.2019 по 10.12.2019 и с 10.02.2020 по 30.03.2020 и в должности младшего научного сотрудника с 31.03.2020 по 31.08.2022, затем в должности младшего научного сотрудника международной научно-исследовательской лаборатории "Невалентные взаимодействия в химии материалов" с 01.09.2022 по настоящее время.

В 2022 г. окончила аспирантуру в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению *04.06.01 Химические науки*.

Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2022 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Тема диссертационной работы утверждена решением ученого совета исследовательской школы химических и биомедицинских технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» от «23» июня 2023 г., протокол № 5.

Научный руководитель: Постников Павел Сергеевич, д.х.н., профессор Исследовательской школы химических и биомедицинских технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения «Национальный

исследовательский Томский политехнический университет», назначен приказом по организации № 7803/с от «29» августа 2018 г.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность исследования. Современное развитие науки и технологии неразрывно связано с разработкой новых функциональных материалов. Трансформация поверхности позволяет придать или улучшить свойства исходных материалов тем самым расширяя область их применения или увеличивая возможности целевого использования в определенных областях.

Однако современные проблемы научно-технического развития ставят перед собой новые вызовы. Так, совершенно очевидной становится необходимость в создании новых методов, позволяющих тонко манипулировать характеристиками поверхности наноматериалов для придания определенных свойств. Трансформация поверхности позволяет присоединять специфические лиганды для конструирования сенсоров с высокой чувствительностью и специфичностью обнаружения, создания антибактериальных агентов с возможностью использования их в комбинированной терапии и материалов для электроники, превышающих по электрохимическим свойствам имеющиеся наноматериалы. Кроме того, поверхностные функциональные группы могут использоваться в качестве линкеров для дальнейших преобразований. Несмотря на то, что на сегодняшний день имеется достаточное количество подходов к трансформации поверхности различных материалов, не всегда известные подходы помогают достичь желаемых свойств. Поэтому, крайне актуальным является разработка новых методов и подходов к трансформации поверхности для целевого применения (биомедицинского, «зеленых» катализаторов и материалов для электроники).

Личный вклад автора. Представленные в работе результаты получены автором при его непосредственном участии. Автором был проведен анализ литературных данных по тематике исследования, внесен вклад в формирование общего направления работы и постановку конкретных задач. Лично автором осуществлена большая часть химических экспериментов, обработка и интерпретация полученных данных, формулирование основных выводов на основании совокупности полученных данных. Синтез арендиазоний тозилатов, содержащих в структуре тетраалкиламмонийный фрагмент, был выполнен аспирантом ИШХБМТ ТПУ Никифоровой К.А. Синтез тонких пленок 1T' и 2H MoTe₂ был осуществлен совместно с коллективом Алексея Ганина (Университет Глазго, Великобритания).

Степень достоверности результатов проведенных исследований. Достоверность полученных теоретических и экспериментальных исследований, результатов и выводов обеспечивается корректным применением современных методов физико-химического анализа для всех структур, описанных в диссертации. Корректность интерпретации данных соответствует мировому уровню и их достоверность не вызывает сомнений.

Научная новизна:

1. Впервые показано, что внедрение тетраалкиламмоний-содержащих арильных групп на поверхность углеродных квантовых точек приводит к появлению ярко выраженных антибактериальных свойств, достигающих максимальной эффективности при наличии N-нонильной группы.

2. Впервые продемонстрирована принципиальная возможность ковалентной модификации восстановленного оксида графена и эксфолированного порошка сульфида молибдена аринами при комнатной температуре в мягких условиях.

3. Впервые показано, что диарилиодониевые соли способны взаимодействовать с поверхностью тонких пленок теллурида молибдена с ковалентной прививкой арильных радикалов, причем реакционная способность иодониевых солей определяется типом полиморфа: 1T' MoTe₂ приводит к спонтанному разложению иодониевых солей, а полупроводниковая 2H фаза MoTe₂ требует дополнительной активации излучением.

Практическая значимость:

1. Разработаны новые антибактериальные агенты на основе арилированных углеродных квантовых точек с высокой активностью в отношении грамположительных бактерий *S. aureus* и грамотрицательных бактерий *E. coli*, а также их биопленок, при малом времени воздействия и низких концентрациях.

2. Разработан мягкий метод модификации восстановленной формы оксида графена аринами для создания симметричных суперконденсаторов с высокой удельной емкостью.

3. Предложен метод стабилизации тонких пленок MoTe₂ в окислительных условиях через арилирование поверхности с использованием симметричных иодониевых солей, содержащих гидрофобные заместители.

Ценность научных работ соискателя: Свиридовой Е.В. опубликовано 3 статьи в изданиях, индексируемых в базах данных SCOPUS и Web of Science, 7 материалов докладов на конференциях различного уровня по теме диссертации.

Ценность научных работ заключается в том, что предложенные соискателем исследования новых методов ковалентного арилирования поверхностей углеродных материалов и дихалькогенидов переходных металлов с использованием доноров арильных радикалов и прекурсоров аринов представляют фундаментальные знания, а предложенные методы получения новых антибактериальных агентов на основе арилированных углеродных квантовых точек с высокой активностью в отношении отдельных бактерий *S. aureus*, *E. Coli* и их биопленок, а также методы создания симметричных суперконденсаторов с высокой емкостью на основе арилированного аринами восстановленного оксида графена являются практически значимыми.

Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах:

1. Sviridova E.V. Aryne cycloaddition reaction as a facile and mild modification method for design of electrode materials for high-performance symmetric supercapacitor / E. V. Sviridova, M. Li, A. Barras, A. Addad, M.S. Yusubov, V.V. Zhdankin, A. Yoshimura, S. Szunerits, P.S. Postnikov, R. Boukherroub // *Electrochimica Acta*. - 2021 - Vol. 369, Article number 137667. - p. 1-9. doi: 10.1016/j.electacta.2020.137667

2. Sviridova E.V. Surface modification of carbon dots with tetraalkylammonium moieties for fine tuning their antibacterial activity / E. V. Sviridova, A. Barras, A. Addad, E.V. Plotnikov, A. Di Martino, D. Deresmes, K.A. Nikiforova, M.E. Trusova, O.A. Guselnikova, S. Szunerits, P.S. Postnikov, R. Boukherroub // *Biomaterials Advances*. - 2022 - Vol. 134, Article number 112697. - p. 1-12. doi: 10.1016/j.msec.2022.112697

3. Guselnikova O.A. The covalent functionalization of few-layered MoTe₂ thin films with iodonium salts / O.A. Guselnikova, J. Fraser, N.S. Soldatova, E.V. Sviridova, A.A. Ivanov, R. Rodriguez Contreras, A.Y. Ganin, P.S. Postnikov // *Materials Today Chemistry*. - 2022 - Vol. 24, Article number 100846. - p. 1-10. doi: 10.1016/j.mtchem.2022.100846

4. Sviridova E.V. Surface functionalization of carbon nanostructures: new horizons in material design // Mendelev2021: Book of Abstract of XII International Conference on Chemistry for Young Scientists, St. Petersburg, September 6-10, 2021. - Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2021 - p. 483

5. Свиридова Е.В. Дизайн новых гибридных материалов на основе MoS₂ для водородной энергетики // Химия и химическая технология в XXI веке материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л. П. Кулёва и Н. М. Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 17-20 мая 2021 г. — Томск: ТПУ, 2021. — с. 370-371

6. Свиридова Е.В. Модификация графена с использованием реакции циклоприсоединения аринов для создания высокеемкостных электрохимических материалов // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 7 т., Томск, 27-30 Апреля 2021. - Томск: ТПУ, 2021 - Т. 2. Химия - С. 232-234

7. Свиридова Е. В., Никифорова К. А. Поверхностная модификация углеродных квантовых точек с использованием арендиазоний тозилатов для дизайна новых антибактериальных материалов // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 7 т., Томск, 21-24 Апреля 2020. - Томск: ТУСУР, 2020 - Т. 2. Химия - С. 164-166

8. Свиридова Е. В. Модификация углеродного материала с использованием иодониевых солей для создания суперконденсаторов // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Сентября 2020. - Томск: ТПУ, 2020 - С. 660-661

9. Свиридова Е.В. Поверхностная функционализация углеродных наноструктур: новые горизонты в дизайне материалов // Сборник тезисов докладов участников пятого Всероссийского молодежного научного форума «Наука будущего-наука молодых» — Москва, 2020. — с. 44

10. Sviridova E. V., Di Martino A., Postnikov P. S., Boukherroub R. Surface modification of carbon quantum dots: fine tuning of antibacterial activity // SFNano - C'NANO - joint meeting 2019: Abstracts, Dijon, December 10-12, 2019. - Lion: CCSD, 2019 - p. 3

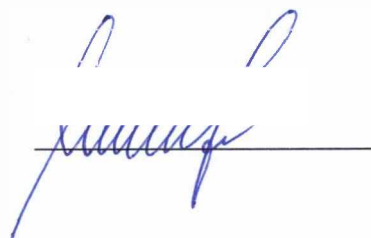
Диссертационная работа соответствует п. 3 «Определение термодинамических характеристик процессов на поверхности, установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях», п. 5 «Изучение физико-химических свойств изолированных молекул и молекулярных соединений при воздействии на них внешних электромагнитных полей, потока заряженных частиц, а также экстремально высоких/низких температурах и давлениях», п. 9 «Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями протекания химической реакции» паспорта специальности 1.4.4 Физическая химия.

Диссертация *«Физико-химические основы функционализации поверхностей углеродных материалов и дихалькогенидов молибдена: от новых реагентов к фундаментальным аспектам применения» Свиридовой Елизаветы Витальевны* рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4- Физическая химия.

Заключение принято на заседании Исследовательской школы химических и биомедицинских технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Присутствовало на заседании 33 чел. Результаты голосования: «за» - 33 чел., «против» 0 - чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 5 от «23» июня 2023 г.

Председатель заседания
Трусова М.Е.
д.х.н., директор ИШХБМТ

Handwritten signature in blue ink, consisting of a series of loops and a long horizontal stroke, positioned above a horizontal line.

Секретарь заседания
Асубаева Ю.Ю.
специалист по УМР ОО ИШХБМТ

Handwritten signature in blue ink, featuring a stylized 'Y' and 'A' followed by a horizontal line, positioned above a horizontal line.