

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.051.01 НА БАЗЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института неорганической химии имени А.В. Николаева

Сибирского отделения Российской академии наук, ФАНО

ПО ДИССЕРТАЦИИ **Сысоева Виталия Игоревича**

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

КАНДИДАТА ХИМИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 13 декабря 2017 года № 11

О присуждении *Сысоеву Виталию Игоревичу*, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «*Взаимодействие модифицированных графеновых слоев с диоксидом азота и аммиаком*» в виде рукописи по специальности 02.00.04 – физическая химия (химические науки) принята к защите *11 октября 2017 г.*, протокол № 8 диссертационным советом Д 003.051.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук (ИНХ СО РАН), ФАНО (630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, д. 3, действующего на основании приказа Минобрнауки РФ от 11.04.2012 № 105/нк).

Соискатель *Сысоев Виталий Игоревич*, 1989 года рождения, на момент защиты диссертации является инженером 1 категории ИНХ СО РАН. Диссертация подготовлена в лаборатории физикохимии наноматериалов ИНХ СО РАН. В 2012 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по специальности – химия.

Диссертация выполнена в лаборатории физикохимии наноматериалов в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор *Окотруб Александр Владимирович* работает в лаборатории физикохимии наноматериалов ИНХ СО РАН в должности заведующего лабораторией.

Официальные оппоненты:

– *Антонова Ирина Вениаминовна*, гражданин России, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории физики и технологии трехмерных наноструктур ФГБУН Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск;

– Баннов Александр Георгиевич, гражданин России, кандидат технических наук, доцент кафедры химии и химической технологии Новосибирского государственного технического университета, г. Новосибирск; дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, г. Москва, в своем **положительном заключении**, утверждённом директором академиком Щербаковым Иваном Александровичем и подписанном к.ф.-м.н., старшим научным сотрудником лаборатории спектроскопии наноматериалов Софьей Николаевной Боковой-Сирош, указала, что: «...диссертационная работа Сысоева В.И. «Взаимодействие модифицированных графеновых слоев с диоксидом азота и аммиаком» актуальна, нова, и содержит достоверные полученные результаты и обоснованные научные положения и выводы, а также имеет практическую ценность.

Работа отвечает критериям Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор В.И. Сысоев заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Диссертация доложена и заслушана на семинаре лаборатории спектроскопии наноматериалов Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН «08» ноября 2017 г.»

По теме диссертации соискатель имеет 6 работ в зарубежных рецензируемых журналах; все публикации входят в перечень журналов, индексируемых в международной информационно-аналитической системе научного цитирования Web of Science. Общий объем опубликованных работ составляет 37 стр. (2,3 печ. л.), 10 работ опубликованы в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов; публикаций в электронных научных изданиях нет.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Zhang S., Zhang D., Sysoev V.I., Sedelnikova O.V., Asanov I.P., Katkov M.V., Song H., Okotrub A.V., Bulusheva L.G., Chen X. **Wrinkled reduced graphene oxide nanosheets for highly sensitive and easy recoverable NH₃ gas detector // RSC Adv. – 2014 – V.4 – P. 46930-46933.**
2. Katkov M.V., Sysoev V.I., Gusel'nikov A.V., Asanov I.P., Bulusheva L.G., Okotrub A.V. **A backside fluorine-functionalized graphene layer for ammonia detection // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2015. – V. 17. – P. 444-450.**
3. Sysoev V.I., Okotrub A.V., Asanov I.P., Gevko P.N., Bulusheva L.G. **Advantage of graphene fluorination instead of oxygenation for restorable adsorption of gaseous ammonia and nitrogen dioxide // Carbon. – 2017 – V. 118. – P. 225-232.**

На диссертацию и автореферат диссертации поступило 5 отзывов. Все отзывы положительные, 3 – с замечаниями, 2 – без замечаний. Отзывы поступили от:

д.ф.-м.н., профессора Максименко С.А., директора института ядерных проблем Белорусского государственного университета; *к.х.н., Кузнецова В.Л.*, главного научного сотрудника ФГБУН Института катализа им. Г.К. Борескова; *д.ф.-м.н., А.В. Елецкого*, профессора Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Национальный исследовательский университет "Московский энергетический институт", НИУ МЭИ; *д.ф.-м.н., профессора Чернозатонского Л.А.*, главного научного сотрудника Института биохимической физики им. Н.М. Эммануэля РАН; *д.х.н. Л.В. Яшиной*, ведущего научного сотрудника и *к.х.н. Катаева Э.Ю.*, младшего научного сотрудника Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Большинство замечаний к автореферату носят уточняющий характер. Все отзывы заканчиваются выводом, что диссертационная работа В.И. Сысоева **полностью соответствует** требованиям, которые ВАК РФ предъявляет к кандидатским диссертациям, а её автор В.И. Сысоев заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в области синтеза, характеристики и исследования физико-химических свойств углеродных наноматериалов. Данные компетенции подтверждаются наличием публикаций оппонентов и сотрудников ведущей организации в данной области исследований.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- *разработаны* методы получения проводящих графеновых слоев разного состава и дефектности посредством химической, термической или механохимической обработки соединений графита с фтором и/или кислородом.
- *разработана* методика изготовления тонких пленок из фторированных графитов состава C_2F_x ($x=0,04-0,66$). Показано, что при содержании фтора около 8 ат.% пленки имеют минимальное удельное сопротивление, а выше 22 ат.% становятся непроводящими;
- *впервые установлено*, что наличие атомов фтора, ковалентно связанных с обратной стороной графенового слоя, способствует адсорбции молекул аммиака. Энергия адсорбции, оцененная из аппроксимации экспериментальных данных сенсорного отклика изотермой Ленгмюра, составила 0,23 эВ, что согласуется с данными квантово-химических расчетов и в полтора раза выше энергии взаимодействия аммиака с немодифицированным графеном;
- *рассчитаны* кинетические характеристики адсорбции/десорбции молекул аммиака и диоксида азота на пленках фторида графена и оксифторида графена. Показано, что фторированный графеновый материал имеет меньшие

эффективные времена взаимодействия с молекулами при комнатной температуре;

- обнаружено связывание молекул NO и NO₂ с кислородсодержащими группами на поверхности графена с использованием *in situ* измерений методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии;
- показано, что увеличение температуры сенсора на основе оксифторида графена до 75°C приводит к улучшению повторяемости и повышению электрического отклика на порядок благодаря увеличению скоростей адсорбции и десорбции молекул NO₂, что позволяет достичь чувствительности на уровне 9,5%·ppm⁻¹.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- получены фундаментальные знания о кинетике и термодинамике процессов адсорбции молекул NH₃ и NO₂ на поверхности графеновых материалов с фтор- и кислородсодержащими группами. Показано, что сенсорные свойства такого рода материалов зависят от функционального состава, стехиометрии, наличия дефектов, количества слоев, а также морфологии получаемых материалов;
- с использованием данных квантово-химических расчетов построены модели взаимодействия молекул NO₂ и NH₃ с функциональными группами на поверхности графена.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработаны методики получения материалов из фторидов, оксифторидов и оксидов графита для создания резистивных сенсоров донорных и акцепторных молекул в газообразной среде;
- данные о кинетических характеристиках и модели взаимодействия молекул с функциональными группами графена можно использовать при создании простых, недорогих и высокоэффективных газовых датчиков, работающих при комнатной температуре.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

В работе использовались современные физико-химические методы для установления состава, строения и электрофизических свойств графеновых материалов, включая микроскопические методы (оптическая, растровая и просвечивающая электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия), методы спектроскопии комбинационного рассеяния света, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, элементного и термогравиметрического анализа. Полученные различными методами данные согласуются между собой.

Результаты получены на значительном количестве образцов и не противоречат литературным данным о сенсорных свойствах графеновых материалов.

Проведена апробация работы на 10 научных конференция различного уровня, включая международные по тематике исследования; результаты работы успешно прошли рецензирование в международных научных журналах.

Личный вклад соискателя состоит в том, что: экспериментальные исследования, а именно, приготовление образцов модифицированных графеновых материалов, измерение их электропроводности и сенсорного отклика выполнены лично соискателем; проведен анализ литературы по теме диссертации; интерпретация полученных данных, обсуждение экспериментальных результатов и подготовка научных публикаций проводилась совместно с научным руководителем и соавторами.

Диссертационный совет Д 003.051.01 на заседании *13 декабря 2017 г.*, протокол №11, пришел к выводу о том, что диссертация соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», т.е. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой проведено изучение влияния морфологии, структуры и функционального состава на электрические свойства модифицированного графена и исследование влияния процессов взаимодействия электрон-донорных и электрон-акцепторных молекул с функциональными группами на графеновой плоскости; принято решение присудить *Сысоеву Виталию Игоревичу* ученую степень кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 29 (двадцать девять) человек, из них 15 (пятнадцать) докторов наук по специальности 02.00.04 – физическая химия, участвовавших в заседании и голосовании, из 33 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 27 (двадцать семь), против присуждения учёной степени – 0 (нет), недействительных бюллетеней – 2 (два).

Заместитель председателя диссертационного совета

д.х.н., проф.

Ученый секретарь диссертационного совета

д.ф.-м.н.



С. Корнев
Корнев Сергей Васильевич

В. Надолинный
Надолинный Владимир Акимович

13.12.2017 г.