

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по научной
работе

ФГБУН Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
Российской академии наук

____ С.В. Лебедев

«19 сентября» 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации - Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук на диссертационную работу Хантимерова Сергея Мансуровича «Исследование каталитических и сорбционных свойств композитов на основе углеродных наноструктур и металлических наночастиц», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17– химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Углеродные наноструктуры (УНС) и углерод-металлические композитные системы на их основе привлекают в настоящее время большое внимание в связи с широким спектром их применений, например, в качестве электродных материалов в современных химических источниках тока, сорбентов водорода, холодных катодов и т.п. В частности, значительные перспективы углерод-металлические нанокompозиты представляют при разработке метанольных и этанольных топливных элементов, использующих низкомолекулярные спирты в качестве топлива. Основными проблемами,

встречающимися при разработке топливных элементов данного типа, является невысокая активность катализаторов в реакции окисления спирта, а также их высокая стоимость. Таким образом, разработка метанольных и этанольных топливных элементов предполагает нахождение эффективных катализаторов их диссоциации.

Возможность использования углеродных наноструктур в качестве сорбентов водорода обусловлена высокой химической и механической стойкостью углеродных наноматериалов и их большой удельной поверхностью. Однако, несмотря на многочисленные исследования взаимодействия водорода с углеродными наноструктурами, отсутствует фундаментальное понимание как механизма взаимодействия водорода с УНС, так и структуры и свойств водород-углеродных комплексов.

В связи с этим диссертационная работа Хантимерова С.М., посвященная экспериментальному исследованию каталитических и сорбционных свойств композитов на основе углеродных наноструктур и металлических наночастиц, и рассмотренные в ней проблемы относятся к **актуальным** фундаментальным и прикладным областям современной науки, включая химическую физику, наноматериалы и нанотехнологии.

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка авторской и цитируемой литературы. Во введении кратко обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, показана новизна работы и практическая значимость полученных результатов. В первой главе приведен краткий литературный обзор физико-химических свойств углеродных нанотрубок, особенностей получения углерод/металлических нанокомпозитов и их применения в электрохимических источниках тока. Также в данной главе рассматривается использование платины и никеля в качестве катализаторов в реакции окисления низкомолекулярных спиртов. Заключительная часть первой главы посвящена взаимодействию водорода с углеродными наноструктурными материалами. Во второй главе приводится описание

образцов, и рассматриваются экспериментальные методы и установки, использованные в ходе работы. Оригинальные результаты, полученные в ходе выполнения исследований, представлены в третьей, четвертой и пятой главах. В третьей главе изложены результаты *in situ* μ SR и ЯМР-исследований диссоциации метанола на Pt/Ru наноразмерном катализаторе, нанесенном на углеродную подложку. В четвертой главе представлены результаты исследований электрокаталитических свойств композитов на основе углеродных нанотрубок (УНТ) и никелевых наночастиц, и показано, что данные композиты обладают электрокаталитической активностью к окислению низкомолекулярных спиртов в щелочной среде. В пятой главе рассмотрено взаимодействие водорода с коническими углеродными нанотрубками.

Основные результаты и выводы работы сформулированы в заключении. Наиболее существенными **научными результатами** диссертационной работы Хантимерова С.М. являются следующие:

1. Впервые *in situ* методами мюонной спиновой спектроскопии и ЯМР исследован процесс диссоциации метанола на углерод-металлическом нанокompозите Vulcan XC-72/Pt-Ru. Обнаружен сигнал мюонного спинового резонанса от промежуточного продукта диссоциации метанола – формальдегида, и определено время его существования в данной системе.

2. Обнаружено, что композиты на основе углеродных нанотрубок и никелевых наночастиц, образующихся на поверхности УНТ непосредственно в процессе синтеза, проявляют электрокаталитическую активность к окислению низкомолекулярных спиртов в щелочной среде.

3. Обнаружено увеличение межплоскостного расстояния в конических углеродных нанотрубках и уменьшение их проводящих свойств. Показано, что данные изменения структурных и электронных свойств конических углеродных нанотрубок обусловлены локализацией водорода на углеродных π -связях графеновых плоскостей.

Следует отметить, что по выбору объектов исследования, постановке задачи, эксперимента и полученным результатам, работа отличается **новизной, а также научной и практической значимостью.** Полученные результаты могут быть использованы при разработке и создании материалов для электродов топливных элементов и электрохимических конденсаторов нового поколения, при изучении взаимодействия водорода с другими углеродными наноструктурными материалами, изучении процессов электролитического интеркалирования водорода в углеродные наноматрицы и закономерностей образования углерод-водородных связей.

Обоснованность и достоверность основных результатов и выводов диссертации обеспечиваются корректностью постановки задач работы, высоким уровнем используемой экспериментальной техники, комплексным характером выполненных исследований, повторяемостью экспериментальных результатов, а также их согласованностью с литературными данными.

По содержанию диссертации и автореферата имеются следующие **замечания:**

1. Из содержания 2 и 3 главы неясно, каким образом и при каких условиях наносился метанол на платиново-рутениевый катализатор.
2. В главе 4 приводятся результаты исследования электрокаталитической активности композитов на основе углеродных нанотрубок и никелевых наночастиц. Однако не обсуждается, как полученные результаты сопоставляются с существующими результатами по исследованию диссоциации низкомолекулярных спиртов на других композитных электродах на основе наночастиц никеля.
3. Для повышения достоверности выводов о механизме изменения электросопротивления конических углеродных нанотрубок в результате наводораживания было бы целесообразно выполнение исследований не

только на исходных и наводороженных образцах, но и образцах, подвергнутых десорбции водорода.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы. Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научном уровне. Выносимые на защиту положения являются новыми и научно обоснованными. Автореферат и семь статей, опубликованных в ведущих научных журналах, рецензируемых и включенных в перечень ВАК, полно и правильно отражают содержание диссертации. Представленные результаты докладывались на престижных международных и российских конференциях и симпозиумах. Результаты могут быть использованы и развиты в следующих организациях: Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН (Москва); Институт проблем химической физики РАН (Черноголовка); Волгоградский государственный университет (Волгоград); Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Томск); Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН (Санкт-Петербург); Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (Москва); Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (Москва); Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского (Новосибирск); Казанский (Приволжский) федеральный университет (Казань); ИОФХ им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН (Казань) и т.д.

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов представленная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор Хантимеров Сергей Мансурович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Диссертационная работа обсуждена и отзыв одобрен на научном семинаре лаборатории Физико-химических свойств полупроводников ФТИ им.А.Ф.Иоффе РАН (Протокол № 1/09 от 05 сентября 2015 г.)

Доктор технических наук, профессор,
заведующий лабораторией физико-
химических свойств полупроводников
ФГБУН Физико-технический институт
им. А.Ф. Иоффе РАН



Теруков Евгений Иванович

Служебный адрес и телефон:

194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26

тел.: (812) 2927173, e-mail: eug.terukov@mail.ioffe.ru