

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Винтайкина Бориса Евгеньевича

на диссертационную работу **Байрамукова Виктора Юрьевича**  
«Структура пиролизатов дифталоцианинов металлов», представленную на  
соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по  
специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния».

Тема диссертации Байрамукова В. Ю., посвященной экспериментальному исследованию структуры соединений на основе углерода с активными металлами, является, бесспорно, актуальной. Такие исследования важны для фундаментальной физики и химии, поскольку позволяют получить уникальные данные о структуре наноразмерных соединений углерода на атомном уровне. Изучаемые в работе материалы имеют важное значение для решения многих вопросов практической направленности, таких как, создание новых катализаторов, молекулярных комплексов, способных ограничить подвижность радиационно-опасных атомов, и создание сорбентов органических молекул и атомов различных металлов. Объекты исследования, содержащие удачно подобранные атомы металлов, являются, несомненно, хорошими модельными структурами для исследования других аналогичных соединений актиноидов, обладающих высокой радиационной активностью, и редкоземельных элементов.

Диссертация изложена на 150 страницах, содержит все необходимые компоненты, в том числе: введение, 5 глав, заключение с общими выводами, и список литературы; диссертация достаточно полно описывает интересное, важное для практики исследование.

**Во введении** обоснована актуальность темы работы, проанализирована эффективность экспериментальных подходов для исследования структуры соединений на основе углерода, сформулированы цели и задачи диссертационной работы. Представлены все обязательные подразделы «Введения», в том числе научная новизна, практическая ценность, положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** диссертации представлен аналитический удачно структурированный по разделам достаточно подробный обзор литературы по тематике диссертационной работы по двум главным направлениям: 1) известные на сей день сведения об объектах исследования и 2) описание возможностей используемых в работе методов исследований, основанных на инфракрасной спектроскопии, электронной микроскопии, атомно- силовой микроскопии, малоугловой дифракции нейтронов и мессбауэровской спектроскопии.

**В главе 2** изложены сведения об объектах исследования – о методике получения образцов пиролизатов дифталоцианинов для спектроскопических, микроскопических исследований. Для атомно силовой микроскопии использовались термостойкие подложки из сапфирового стекла.

Особо следует отметить, что в работе выбраны очень удачные сочетания взаимодополняющих экспериментальных методов и методик исследования,

позволяющие исследовать структуру выбранных объектов от микроскопического (микроскопия разного типа, малоугловая дифракция нейтронов) до атомного (инфракрасная спектроскопия, мессбауэровская спектроскопия) уровней и наиболее полно охарактеризовать процессы, происходящие при пиролизе дифталоцианинов при различных условиях. Этими методами удавалось получать новые результаты, проверять их взаимную непротиворечивость и достоверность в ряде случаев. Такие исследования являются основой диссертационной работы.

В **главе 3** приведены исследования структуры пиролизатов моно- и дифталоцианинов с помощью нескольких взаимно дополняющих методик: 1) инфракрасной спектроскопии и 2) просвечивающей электронной микроскопии в сочетании с микродифракцией на выбранных микрообластях и спектроскопии характеристических потерь энергии электронами. С помощью инфракрасной спектроскопии получены сведения об изменении строения молекул в ходе пиролиза. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) высокого разрешения обеспечила получение двумерной картины атомарного разрешения при низко- и высокотемпературном пиролизе, позволила получить данные о геометрическом расположении нанобластей, их типах кристаллической структуры и их химическом составе. В случае пиролиза при невысоких температурах использование ПЭМ позволило выявить неоднородное распределение металла в объеме углеродной матрицы, отсутствие кристаллитов. При высокотемпературном пиролизе с помощью ПЭМ выявлена кристаллическая структура иттрия с гексагональной решеткой типа магния, которой обладают некоторые лантаноиды и актиноиды. Обнаружено, что эти кристаллы окружены графитовыми листами, что подтверждается данными спектра характеристических потерь энергии электронов.

Для получения уникальных данных о структуре диссертант очень эффективно и на высоком уровне использовал большой набор современных экспериментальных методов: микроскопические (основанные на электронной (просвечивающей и сканирующей) микроскопии, включая методики прямого разрешения кристаллической решетки, спектроскопические (включая ИК и мессбауэровскую спектроскопию), дифракционные, и многие другие методики, основанные на их сочетаниях. Именно использование взаимодополняющих современных методик позволило автору получить многие новые результаты работы о структуре наночастиц и процессах трансформации их структуры.

В **главе 4** рассмотрены результаты исследований процессов изменения микроструктуры дифталоцианинов урана и иттрия в процессе пиролиза этих соединений методом атомно- силовой микроскопии. Для исследований высокотемпературных процессов использовались термостойкие подложки из сапфирового стекла. В работе применен как традиционный метод получения контраста с помощью измерения высоты неровностей, так и метод фазового контраста, регистрирующий и изменение фазы колебаний микрозонда. Такой подход позволяет регистрировать особенности структуры связанные не только с изменением высоты неровностей, но и их атомной структуры. Его

использование позволило получить новые данные об изменении структуры соединений в результате пиролиза при разных температурах; удалось визуализировать изменения, происходящие с кристаллами дифталоцианина при пиролизе, а также изучить морфологию пленок пиролизатов. Получены впервые данные о морфологии поверхности углеродных матриц пиролизатов  $UC_x$  и  $YC_x$ . Определена фрактальная размерность поверхностей этих матриц. Отмечено, что именно высокотемпературный пиролиз позволяет создавать типы структуры более оптимальные для удержания нуклидов.

В **главе 5** представлены полученные методом малоуглового рассеяния нейтронов результаты исследований структуры пиролизатов дифталоциаминов после пиролиза при различных температурах. Эти результаты обладают несомненной научной новизной. Главные выводы глав 5 и 4 о структуре пиролизатов дифталоциаминов были сделаны путем анализа данных, полученных взаимодополняющими методами атомно- силовой сканирующей микроскопии и малоуглового рассеяния нейтронов, с рассмотрением и данных главы 3 диссертации, об особенностях структуры, полученных методом просвечивающей электронной микроскопии. Это увеличивает достоверность полученных данных о зависимости структуры пиролизатов от температуры обработки.

**Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений**, она обеспечена тем, что в диссертационной работе при исследованиях было применено современное оборудование высокого класса и взаимодополняющие методики, позволившие получить надежные экспериментальные данные. Здесь особенно следует отметить: просвечивающую электронную микроскопию высокого разрешения, микродифракцию электронов, спектроскопию характеристических потерь энергии электронами, сканирующую атомно-силовую микроскопию, ИК и мессбауэровскую спектроскопию. Достоверность результатов и обоснованность выводов подтверждается и их признанием научной общественностью на международном и всероссийском уровне, публикациями в рецензируемых журналах. По материалам диссертации опубликовано 3 работы в журналах из списка ВАК. Работа прошла широкую апробацию на всероссийских и международных конференциях и семинарах, сделано 9 докладов.

**Научная новизна.** На основании вышеизложенного можно заключить, что в результате проведения исследований получены результаты, несомненно, обладающие научной новизной. Особо можно отметить следующие результаты.

В работе прямыми экспериментальными методами получены новые данные о закономерностях изменения микро- и атомной структуры дифталоциаминов нескольких характерных типов металлов в результате пиролиза этих соединений в широком интервале температур. Впервые на атомном уровне выявлены закономерности распределения атомов металла в результате пиролиза при низких и высоких температурах после этой обработки. В частности, получены данные о распределении атомов металла в матрице после низкотемпературного пиролиза, и о формировании нано- областей фаз на основе этих металлов и их окружении при высокотемпературном пиролизе.

**Практическая значимость.** Несомненно, результаты исследований являются практически значимыми, поскольку в работе исследованы закономерности изменения структуры в результате важных для современной техники соединений при пиролизе. Особо следует отметить выявленные особенности получения металл-углеродных композитов. Эти сведения важны для переработки высокорadioактивных отходов ядерной технологии, получения катализаторов и сорбентов различных веществ, очистке промышленных отходов. Значимым с точки зрения практического применения является и отработанные методики исследования соединений углерода с металлами комплексом самых современных физических методов исследования.

Особо следует отметить, что работы по направлению диссертации были поддержаны 2 грантами РФФИ.

Разработанные и примененные методики изучения структуры наноразмерных частиц представляют интерес для спецкурсов университетов в области физики конденсированного состояния, материаловедения, экспериментальных методов исследования материалов.

**Автореферат содержит основные материалы исследования, важнейшие идеи и выводы диссертации.** Следует отметить высокую информационную наполненность автореферата, который содержит много удачного графического материала. Автореферат четко структурирован, содержит все необходимые разделы, позволяет сделать заключение о большой, важной, полезной работе.

По работе можно сделать следующие **замечания**:

1. Цель работы сформулирована не удачно. Лучше ее сформулировать как «получение данных о структуре...».
2. Рисунки 2(в) и 4(в) автореферата содержат очень мелко-напечатанную разметку осей, в том числе оси абсцисс, по значениям которой делаются выводы о структуре объекта. В тексте диссертации эти сведения можно прочитать.
3. Рисунок 7(а) автореферата (он же – рисунок 57 диссертации) имеет слишком малые размеры для обсуждения по нему структурированности мессбауэровского спектра, по которым делаются выводы о структуре изучаемых объектов. Следовало показать спектр в более крупном масштабе.
4. Спектр представленный на рисунке 7 можно было бы улучшить, применив компьютерные программы, увеличивающие разрешающую способность установок, в частности, основанные на методах регуляризации академика А.Н.Тихонова.
5. В автореферате и диссертации отсутствует раздел «Выводы», хотя его роль выполняет «Заключение», составленное и структурированное как выводы.

Однако, указанные замечания не могут изменить общей положительной оценки диссертационной работы.

### **Заключение**

В целом диссертация Байрамукова В. Ю. представляет собой завершённое научное исследование, выполненное на высоком научном, методическом и экспериментальном уровне. В диссертации представлены все необходимые

разделы, в том числе: введение, в котором обоснована актуальность темы работы, сформулированы цели и задачи диссертационной работы, научная новизна, практическая ценность, положения, выносимые на защиту; литературный обзор; описание методики и результатов исследования; заключение (составленное как выводы) и список литературы. Диссертация достаточно полно описывает интересное, важное для практики исследование. Качество оформления соответствует требованиям к материалам, предназначенным для публикации в научной печати. Язык диссертации и стиль изложения показывают способность автора четко и аргументировано излагать свои мысли.

По материалам диссертации опубликовано 3 статьи в журналах, входящих в Перечень ВАК, сделано 9 докладов на международных и Российских научных конференциях. Автореферат диссертации и публикации достаточно полно отражают содержание работы.

Представленная к защите диссертационная работа **Байрамукова Виктора Юрьевича** отвечает всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней (от 24.09.2013, № 842), содержит достоверные и научно обоснованные результаты, имеющие важное научное и практическое значение, а ее автор, **Байрамуков Виктор Юрьевич**, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния».

Профессор кафедры физики Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, д.ф.-м.н., профессор Спец. 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния». (Физика твердого тела в 1991г.)  
тел.: (499)-263-63-68, (916)518-13-40  
e-mail:; [vintaikb@mail.ru](mailto:vintaikb@mail.ru); [vintaikb@bmstu.ru](mailto:vintaikb@bmstu.ru)  
12 ноября 2018 г.



Винтайкин Борис Евгеньевич  
подпись

Подпись Винтайкина  
Бориса Евгеньевича заверяю:



**А. Г. ЖИТВЕЕВ**  
НАЧ. УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ  
ТЕЛ 8499-263-87 69

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
105005, Москва, 2-я Бауманская ул. 5. Тел.: (499) 263 63 91. Факс: (499) 267 48  
44  
E-mail: [bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru) . <http://www.bmstu.ru/>.