

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Павлова Ивана Сергеевича на тему

**«Особенности морфологии, структуры и дефектов кристаллов карбидов бора»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических

наук по научной специальности

1.3.20 - «Кристаллография, физика кристаллов».

Диссертационная работа И.С.Павлова посвящена всестороннему изучению (состав, строение, свойства) двух разных по природе соединений (карбида бора, в частности,  $BC_4$  и металлические сплавы, в частности,  $Al_{82}Cu_7Fe_{11}$ ). Одни из них наиболее охарактеризованные и применяемые (карбида бора), судя по многочисленным публикациям, с одной стороны, и, как это не парадоксально, с «белыми пятнами» как с точки зрения методов (методик) исследования, так и описанию реального строения, с другой. Другие образцы (сплавы) интенсивно изучаются и декларируются их возможное применение по мере получения новых композиций. Но эти объекты логично объединены визуально внешне одинаковыми (мнимая ось 5-го порядка у карбида бора и ось 5-го порядка у сплава), но разными по сути (циклические двойники и квазикристаллы) проявлениями в эксперименте, методами (методиками) которого тщательно и грамотно продуманы соискателем. Причем одни методы (методики) индивидуальны для карбида бора (впервые применен информативный для этих образцов иДФК ПРЭМ), а совокупность других методов (методик) - рентгенография и электронография, дополняют или подтверждают друг друга, для сплава. В представленном кратком описании работы И.С.Павлова незримо присутствует все: *актуальность, грамотно продуманная методология, научная значимость, практические результаты.*

Диссертационная работа И.С.Павлова – прекрасный пример, каких научных и практических результатов можно достичь, владея не только методами и методиками электронной микроскопии, но и знаниями синтеза, физико-химического анализа, ростовой и структурной кристаллографии, физических методов и изучая, фактически, только два объекта, но каких (!!!!!).

Все 4 пункта из раздела *«Научная новизна»* написаны со словом «впервые», и это действительно впервые: «.....ранее не наблюдались», «способ определения.....», «подробный структурный и морфологический анализ...», «обнаружена фаза...».

Безусловно украшением диссертационной работы И.С.Павлова представляются результаты изучения:

- морфологии карбида бора с псевдо-пятерной симметрией с моделированием, кристаллографическим расчетом и прекрасно выполненным экспериментом;

- кристаллографии декагональной квазикристаллической фазы в закаленном сплаве Al-Cu-Fe с повышенным содержанием алюминия.

**Из прикладных результатов можно отметить:**

- новый метод получения наночастиц карбида бора  $BC_4$ , которые могут быть использованы для бор-нейтронозахватной терапии, и результаты их анализа комплексом методов (РФА, ПЭМ/ПРЭМ, электронной дифракции и энергодисперсионного рентгеновского микроанализа);

- установленные причины активного двойникования частиц карбида бора, вызванных условиями синтеза;

- формулировка рекомендаций (границы применимости) метода иДФК для изучения соединений (материалов) с легкими элементами, тем более, с близкими порядковыми номерами;

**Актуальность, научная новизна и прикладная значимость** диссертационной работы И.С.Павлова подтверждены публикациями в рецензируемых журналах, включая, высокорейтинговые, которые известны специалистами в данных областях знания, а также удостоенная им премия имени академика Н.В. Белова в секции «Кристаллография» молодёжного конкурса научных работ, проводимом ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» в 2021 г.

#### ***Замечания и вопросы.***

1. На мой взгляд, название диссертации («Особенности морфологии, структуры и дефектов кристаллов карбидов бора») очень ограниченно представляет весь аспект выполненной И.С.Павловым работы. С другой стороны, цель работы, данная в трех аспектах, вполне может быть сформулирована одним предложением, которое охватывало бы методы и два изученных и логически связанных два класса соединений.

2. Во введении и далее в тексте автореферата присутствует общая фраза «карбиды бора», хотя они отличаются составами, строением, а отсюда и свойствами. Вопрос: Все наночастицы карбидов бора любого состава и строения имеют одни и те же свойства? Если ДА, то тогда нет смысла выделять образец определенного состава для применения, в том числе, и в

медицине.

3. На рис. 5 представлены «Схематичные изображения элементарных ячеек разных структурных конфигураций карбида бора: а)  $B_{12}(CCC)$ , б)  $B_{12}(CBC)$ , в)  $B_{12}(CBV)$ , г)  $B_{11}C(CBC)$ , д)  $B_{11}C(CBV)$ , е)  $B_{11}C(BVV)$ ». Что такое «структурные конфигурации карбида бора»? Или карбидов бора? Судя по рисункам, они должны иметь разные составы в рамках « $B_{12}.....$ » (рис. 5а-в) и « $B_{11}.....$ » (рис. 5 г-д) и разные свойства. Это так?

4. В диссертации приведены ссылки на 171 публикацию. Однако я не нашла ссылку на детальный и основополагающий обзор *Walter Steurer and Sofia Deloudi. Crystallography of Quasicrystals. Concepts, Methods and Structures. 2009 (DOI 10.1007/978-3-642-01899-2)*, в которой изложены все аспекты квазикристаллов. Может быть ссылка на эту работу повлечет за собой удаление ссылок на менее значимые по данному вопросу.

5. Интересно, задавал ли себе вопрос диссертант и есть ли у него ответ на него: Почему в составе подавляющих по количеству синтезируемых квазикристаллов присутствует алюминий?

1. Цитата (стр. 13 автореферата): «.....замкнутые многогранники обладают наименьшей площадью поверхности, а значит и меньшей поверхностной энергией». Цитата (стр. 18 автореферата): «Многогранником, обладающим наименьшей площадью поверхности ..... является РШ». Что такое «замкнутые многогранники»? На основании чего автор диссертации сделал выводы о свойствах «замкнутых многогранников» с «наименьшей площади поверхности» у РШ? Вспомним доказанную теорему: «Среди всех выпуклых многогранников трёхмерного евклидова пространства с данными направлениями граней и с данным объемом наименьшую площадь поверхности имеет многогранник, описанный вокруг шара». (Л. Линделёф, 1869 г). Как соотносятся выводы диссертанта с этой теоремой?

Хочу заметить, что краткость автореферата и огромный интерес к этой работе, побудил меня прочитать всю диссертацию, в результате чего другие вопросы и замечания были сняты, а работа И.С.Павлова приобрела еще большее значение со всех точек зрения: методологии, выбора методов (методик) и объектов исследования, полученных результатов и их грамотного анализа с применением кристаллографического моделирования и расчетов. Хочу отдельно отметить прекрасный русский и научный язык с использованием современных терминов,

которыми написаны автореферат и диссертация, высокого уровня полученные результаты, не имеющие аналогов, профессионализм И.С.Павлова, который проявляется каждый раз при личном общении с ним даже при обсуждении принципиально других объектов, нежели представленных в диссертации.

Диссертационная работа Павлова Ивана Сергеевича на тему «Особенности морфологии, структуры и дефектов кристаллов карбидов бора» - законченная научно-квалификационная работа, которая имеет очевидную и бесспорную научную новизну и практическую значимость. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 1.3.20 «Кристаллография, физика кристаллов» и отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 № 842 (редакция от 01.10.2018, с изменением от 26.05.2020). Автор диссертации И.С.Павлов показал себя высококвалифицированным специалистом и несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.20 «Кристаллография, физика кристаллов».

Доктор химических наук (специальность 02.00.04 «Физическая химия»), профессор кафедры материаловедения института перспективных технологий и индустриального программирования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА — Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА).

*Кузьмичева Галина Михайловна*

«03» ноября 2023 г.

**Контактные данные:**

тел.: +7 (495) 246 05 55 (IP 434), e-mail: [kuzmicheva@mirea.ru](mailto:kuzmicheva@mirea.ru)

**Адрес места работы:**

119454, ЦФО, г. Москва, Проспект Вернадского, д.78, «РТУ МИРЭА»

Подпись сотрудника

ФГБОУ ВО «МИРЭА — Российский технологический университет»

Г.М.Кузьмичевой удостоверяю:

Ведущий специалист  
Управления кадров

**О.Ю. Васильева**

