

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

**Ломакина Макария Сергеевича**

на тему

**«Формирование, строение, свойства соединений со структурой пироклора в системе  $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{WO}_3$  и функциональные материалы на их основе»,**

представленной на соискание ученой степени

кандидата химических наук

по специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела».

Диссертационная работа Макария Сергеевича Ломакина посвящена исследованию соединений переменного состава со структурой пироклора, формирующихся в оксидной системе  $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{WO}_3$ . Актуальность выбора объекта исследования связана с необходимостью поиска новых материалов с уникальными физико-химическими характеристиками, в частности, оптическими, электрическими и магнитными. Выбранный тип соединений позволяет осуществлять тонкую настройку свойств материалов, получаемых на их основе, за счет возможности варьирования в широких пределах состава и структуры. Работа носит комплексный характер. Автор разработал несколько подходов к синтезу, обстоятельно исследовал синтезированные объекты широким набором методов анализа, определил оптические и магнитные характеристики. Обращает на себя внимание тщательность анализа и большие объемы проведенной синтетической и аналитической работы. Автором в системе  $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{WO}_3$ , которой посвящено множество публикаций, удалось обнаружить и всесторонне охарактеризовать новые соединения переменного состава  $(\text{Bi}, \square)_2(\text{Fe}, \text{W})_2\text{O}_6\text{O}'_8$ . Международным признанием этого факта является то, что результаты уточнения параметров кристаллической структуры впервые синтезированных соединений включены в международную базу данных неорганических соединений Cambridge Structural Database для дальнейшего использования в качестве справочных данных.

Исходя из автореферата диссертационной работы, можно заключить, что поставленная Макарием Сергеевичем Ломакиным цель диссертационного исследования была достигнута и его задачи были решены в полном объеме.

Результаты работы отражены в семи статьях, опубликованных в отечественных и зарубежных высокорейтинговых журналах, два из которых относятся к Q1, а также в двух патентах. Работа была поддержана грантом РНФ, госзаданием ФТИ им. А.Ф.Иоффе, а также персональными стипендиями АО «Новбытхим».

В ходе ознакомления с текстом автореферата к работе Макария Сергеевича Ломакина возникли следующие вопросы и замечания:

1. В автореферате встречаются не очень удачные словесные обороты, например, «более многокомпонентные системы», «о всех образцах», «грубо оцененных», а также попеременно чередующееся написание буквы ё и е, употребление сленговых определений и выделение их кавычками, например, «настройка» свойств. Это несколько затрудняет восприятие текста и портит впечатление от в целом хорошего уровня оформления автореферата и результатов работы.

2. В тексте указано, что содержание кислорода в позиции O' δ примерно равно единице, хотя для всех остальных позиций указаны конкретные пределы. С чем это связано? Можно ли также определить концентрационные пределы для O'?
3. Утверждается, что при сопоставлении результатов, полученных различными методами, не наблюдается противоречий. Возможно, автор настолько тщательно выполнил аналитическую работу, что снял все противоречия, однако по опыту рецензента, снятие всех противоречий при использовании такого широкого круга аналитических методов, не представляется реалистичным.
4. В таблице 2 автореферата приведены данные по химическому составу, а точнее по соотношению элементов в синтезированных композициях, вероятно, полученные с использованием одного из методов анализа. Было бы крайне полезным указать метод, которым получены эти данные, его чувствительность, а также погрешность определения соотношения элементов. Далее по тексту также утверждается, что валовый состав образцов соответствует номинальному в пределах погрешности, но не указаны сами пределы.
5. При определении среднего числа кристаллитов в частице использовано приближение сферической формы кристаллитов и частиц и говорится, что данная оценка «грубая». Что под этим подразумевается? Какова степень неопределенности? Какое приближение можно использовать кроме сферической формы?
6. Утверждается, что в случае микрореакторного синтеза средние размеры частиц и кристаллитов, а также среднее число кристаллитов в частице незначительно превосходят таковые для случая капельного смешения. На рисунке 3 размеры частиц различаются в 1,5 раза. Можно ли это изменение считать незначительным?
7. В описании к таблице 3 утверждается, что использованные методы расчета микроструктурных параметров дают близкие результаты. Можно ли считать близкими оценки среднего размера кристаллитов образца 5.7: 517(380) для WHP и 225(21) для SSP?
8. Утверждается об ограниченной точности метода РСМА для «легких» атомов и приводится железо в качестве примера такого атома. Следует отметить, что с определением железа методом РСМА возникает как раз меньше всего вопросов, так как на спектре характеристические линии железа располагаются в области линейного фона тормозного излучения, а параметры ZAF для железа очень хорошо определены.
9. Почему на диаграмме состояния, приведенной на рисунке 6,а, не указано известное соединение  $\text{BiFeWO}_6$ ?
10. Зависимость параметров элементарной ячейки, приведенная на рисунке 6,б носит явно нелинейный характер, а в тексте утверждается о ее «практически линейном характере». Может ли автор данное противоречие разъяснить?
11. В 5 пункте заключения утверждается, что ширина запрещенной зоны, энергетическое положение максимума валентной зоны и минимума зоны проводимости в пределах погрешности не зависят от химического состава исследованных соединений. В чем тогда смысл диаграммы энергетических зон, представленной на рисунке 7?

Перечисленные замечания и вопросы носят рекомендательный и уточняющий характер и не снижают общей значимости диссертационной работы.

Считаю, что диссертационная работа Макария Сергеевича Ломакина представляет собой законченное исследование. Содержание диссертации и автореферата соответствуют паспорту специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела» (по химическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5. Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова. Диссертационная работа оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Таким образом, соискатель Ломакин Макарий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела».

Начальник отдела  
исследований тяжелых аварий  
ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», к.х.н.  
(02.00.04 «физическая химия»,  
02.00.21 «химия твердого тела»)

Альмяшев  
Вячеслав  
Исхакович

28 ноября 2024

ФГУП «Научно-исследовательский технологический институт имени А.П. Александрова»  
Копорское шоссе, д. 72,  
г. Сосновый Бор, Ленинградская область, 188540  
т.: +7 (813-69) 22-667 (секретариат)  
факс: +7 (813-69) 23-672  
e-mail: [foton@niti.ru](mailto:foton@niti.ru)  
р.т. рецензента: +7 (813-69) 59-012  
м.т. рецензента: +7 (921) 797-00-39  
e-mail рецензента: [vac@mail.ru](mailto:vac@mail.ru)

Я, Альмяшев Вячеслав Исхакович, начальник отдела исследований тяжелых аварий ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись начальника отдела исследований тяжелых аварий  
ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» В. И. Альмяшева удостоверяю:

Ученый секретарь

ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»



28 ноября 2024 г.

А. М. Ситников