

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Бадаловой Мамлакат Абдулхайровны на тему: «Получение, физико-химические свойства интерметаллидов систем Ln - Sb,  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$  (Ln – La, Nd и Sm) и моделирование закономерности их изменения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.01 – материаловедение (в электротехнике)

### *Актуальность избранной темы диссертации.*

Полиметаллические сплавы на основе или с участием редкоземельных металлов, в частности лантаноидов, проявляют важные, порой уникальные прикладные свойства. Поэтому они широко применяются в современных областях техники и технологии, часть из которых изложены в обосновании актуальности диссертационной темы.

Оппонируемая диссертационная работа посвящена актуальной проблеме материаловедения - разработке новых, более рациональных способов получения и определению физико-химических, термоэлектрических характеристик поликомпонентных сплавов лантанидов с сурьмой и марганцем типа  $Yb_{14}MnSb_{11}$  и его твердых растворов систем  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$  (где лантаниды Ln - La, Nd и Sm), которые являются фазами Цинтля.

### *Общие принципы построения и структура работы*

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, где приведены обобщение анализа имеющихся в литературе сведений по теме и результаты экспериментов и сделаны на их основе выводы, заключения; в конце работы приводится список использованных источников информации (152 наименования), и приложения, включающего акт по внедрению результатов работы. Объем описания работы включает в себя 133 страниц машинописного текста, 23 таблиц и 76 рисунков.

*Во введении* обоснована актуальность темы исследования, степень ее разработанности, сформулированы цели и задачи работы. Отмечается научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методы исследования, выносимые на защиту положения; проведена оценка степени достоверности, приведены результаты апробации работы.

*В первой главе* диссертации приводится обзор литературных сведений, относящихся теме работы. Приведены сведения о интерметаллидах, образующиеся

в металлических системах сурьма – лантаноиды цериевой подгруппы. Рассмотрены особенности строения и состава фаз Цинтля поликомпонентных систем и приведены краткие сведения термоэлектрического явления и материалов.

**Во второй** главе приведено описание экспериментальных методов получения, определения состава, структуры и термических свойств монокристаллов  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$  и сплавов систем  $\text{Yb}_{14-x}\text{Ln}_x\text{MnSb}_{11}$  (где Ln - La, Nd и Sm). Приведены основные сведения о расчётных методах определения термических и термодинамических свойств полученных сплавов.

**В третьей** главе приведены результаты экспериментов по выбору оптимальных условий синтеза и выращиванию монокристаллов  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$  и сплавы систем  $\text{Yb}_{14-x}\text{Ln}_x\text{MnSb}_{11}$  (где Ln - La, Nd и Sm).

**Четвертая** глава посвящена анализу и обобщению результатов экспериментальных исследуемых образцов. Приводятся методы расчета теплоемкости, коэффициента адсорбции промышленных масел с добавлением порошков кремниевой кислоты и силикагеля.

**В пятой** главе результаты системного анализа термических характеристик лантаноидов и интерметаллидов систем лантаноиды – сурьма. Полуэмпирическим методом определены и уточнены указанные характеристики веществ. Установлено, что закономерность изменения этих характеристик веществ, в пределах всего ряда лантаноидов, имеет сложный характер, с проявлением «тетрад-эффект»-а. По разработанной методике составлены математические модели установленных закономерностей.

Диссертационная работа завершается общими выводами, списком цитированной литературы и приложения. Содержание диссертации в полной мере отражает поставленную цель и задачи, носит логически завершённый характер.

**Степень обоснованности и достоверности основных результатов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

*Достоверность и обоснованность* полученных результатов обеспечивается применением современных и хорошо апробированных методов исследования, достаточной точностью и воспроизводимостью эксперимента, значительным количеством исследованных систем, теоретической обоснованностью результатов работы, их сравнением с известными (из независимых источников) экспериментальными данными, а также научной апробацией на конференциях и при публикации материалов в научной печати.



**Научная новизна диссертации** заключается в:

- разработке методика и оптимальные условия получения 20 новых поликомпонентных сплавов лантаноидов с сурьмой и марганцем типа  $Yb_{14}MnSb_{11}$  и его твердых растворов систем  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$  (где лантаниды Ln - La, Nd и Sm);
- определение условия выращивания и уплотнение монокристаллов систем  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$ , где Ln- La, Nd и Sm), определение их состава и структуры;
- определение физико-химических и термодинамических характеристик - особенности процессов плавления, термического расширения, температуры Дебая;
- определение кинетических параметров и энергия активации процесса окисления, и энтальпия растворения твердых растворов;
- определение и уточнение термических и термодинамических характеристик лантанидов и интерметаллидов (ИМ) систем Ln-Sb, установление закономерности изменения свойств и их математическое моделирование.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в определении физико-химических, термических и термодинамических свойств термоэлектрических материалов сплавов систем  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$  (где Ln - La, Nd и Sm), и характеристик процессов их окисления.

Определены или уточнены температура плавления лантанидов и твердых растворов систем Ln-Sb. Установлены закономерности их изменения в зависимости от природы лантанидов и от состава ИМ. Проведена математическая обработка данных методом регрессионного анализа по программе Microsoft Excel.

Полученные результаты работы носят справочный характер. Они могут быть использованы в учебном процессе для студентов технических специальностей.

Математические модели закономерности изменения термодинамических характеристик сплавов создают основу по разработке системы получения термоэлектрических материалов с заданными, «запрограммированными» свойствами.

**Достоверность полученных в диссертационной работе результатов** базируется на применении ряда прецизионных методов – флукс-метод, высокотемпературный термический анализ, атомная эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой, термогравиметрии, калориметрии растворения, дилатометр, рентгеноструктурный анализ, микронзондовый анализ.

Грамотно использованы известные расчётные методы;

Материалы диссертационной работы широко обсуждены и опубликованы в рецензируемых журналах.

**Личный вклад автора** состоит в анализе литературных сведений по теме диссертации, в подборе методологии исследования, в разработке алгоритмов решений поставленных задач, в проведении экспериментов, интерпретации и обобщении данных, применение расчётных методов и составление математической модели, формулировании выводов, подготовке и публикации научных статей.

**Публикация и апробация результатов диссертационной работы:** основные результаты диссертации опубликованы в 19 научных работах, в том числе 6 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, также в материалах 13 международных и республиканских конференциях.

**Структура и содержание диссертации.** Диссертационная работа Бадаловой М.А. состоит из введения, пяти глав, выводов и списка использованной литературы, включающего 152 наименований, изложена на 133 страницах компьютерного набора, иллюстрирована 76 рисунками, 23 таблицами и приложения.

*Во введении* указана актуальность темы и выбора объектов исследования, сформулированы цели и задачи работы, основные положения диссертации, отражены её научная новизна, практическая значимость, степень разработанности темы, перечень применённых в работе экспериментальных и расчётных методов, апробация результатов и публикации.

*В первой главе* приведены сведения о, обнаруженных интерметаллических соединениях в металлических системах сурьма – лантаноиды цериевой подгруппы.

Приведены сведения об электронном строении атомов и их влияние на общие свойства ИМ систем Ln–Sb о термо - и кристаллохимические характеристики ИМ. Указаны особенности строения и состава фаз Цинтля в двойных и тройных металлических системах. Рассмотрены особенности термоэлектрического явления и материалов.

Отмечена недостаточность сведений, на их основе сделано заключение и составлены задачи диссертационной работы.

*Во второй главе* приведены сведения экспериментальных методах, применённых в работе, по получению и выращиванию монокристаллов  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$  и сплавы систем  $\text{Yb}_{14-x}\text{Ln}_x\text{MnSb}_{11}$  (где Ln - La, Nd и Sm), по изучению их состава, структуры и физико-химических свойств.

Приведены сведения о полуэмпирических и расчётных методах по определению термических и термодинамических свойствах лантанидов и металлических систем сурьма - лантаноиды.



В третьей главе диссертации приведены результаты исследования по получению и выращиванию монокристаллов  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$  и сплавы систем  $\text{Yb}_{14-x}\text{Ln}_x\text{MnSb}_{11}$ , где Ln - La, Nd и Sm. Термохимический ход процесса взаимодействия компонентов системы контролирован методом ДТА. Полученные флак-методом монокристаллы были уплотнены при температурах между  $1000^\circ\text{C}$  и  $1200^\circ\text{C}$  и давлениях между  $50 \cdot 10^5\text{Па}$  и  $150 \cdot 10^5\text{Па}$ . Состав полученных образцов установлены микронзондового анализатора марки JXA -8100, JEOL (Japan), а их тетрагональная структура установлена на дифрактометре PhilipsPW1830.

В четвёртой главе приведены результаты экспериментальных исследований процессов термического расширения и окисления сплавов систем  $\text{Yb}_{14-x}\text{Ln}_x\text{MnSb}_{11}$ , где Ln - La, Nd и Sm. Методом калориметрии определены энтальпия растворения полученных сплавов.

В пятой главе приведены результаты системного анализа сведений о температуре и энтальпии плавления лантаноидов и интерметаллидов систем лантаноиды – сурьма. В результате анализ этих сведений, проведенный соискателем с помощью полуэмпирического и расчётного методов, получены закономерности изменения указанных характеристик изученных объектов и проведено их математическое моделирование.

Диссертационная работа завершается обоснованными выводами из семи пунктов, списком цитированной литературы и приложения. По содержанию диссертации и полученных результатов можно утверждать, что поставленные задачи решены и цель достигнута. Диссертация имеет логически завершённый характер.

По материалам рассматриваемой диссертационной работы и автореферата возникли следующие замечания:

1. Термоэлектрические элементы могут быть источником прямого преобразования солнечной энергии в электрическую энергию?
2. В чём заключается особенности строения термоэлектрических материалов?
3. На чём основан выбор объектов исследований?
4. Почему не проведено моделирование свойств более сложных по составу металлических систем с участием лантаноидов?

Отмеченные замечания не умаляют научный уровень и достоверность полученных результатов диссертационной работы.

Диссертационная работа Бадаловой Мамлакат Абдулхайровны на тему: «Получение, физико-химические свойства интерметаллидов систем Ln - Sb,  $\text{Yb}_{14-x}\text{Ln}_x\text{MnSb}_{11}$  (Ln – La, Nd и Sm) и моделирование закономерности их изменения».

соответствует паспорту специальности 05.02.01 – материаловедение (в электротехнике) по пунктам (1-9).

Диссертация по своему содержанию, объему и научному уровню отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26.11.2016г. №505, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Работа, логически завершенная и полученные результаты, вносят существенный вклад в развитии материаловедение (в электротехнике), а её автор, Бадалова Мамлакат Абдулхайровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.01 – – материаловедение (в электротехнике).

Ведущий научный сотрудник  
физико-технического института  
им. С.У. Умарова АН Республики Таджикистана,  
кандидат химических наук

Сафаров А. Г.

*Адрес: 730463, Республика Таджикистан,  
г. Душанбе, ул. С.Айни, 299/1  
тел.: 985-16-51-64  
E-mail: amirsho71@mail.ru*

*Подпись к.х.н. Сафарова А.Г. заверяю:*

Начальник отдела кадров  
физико-технического института  
им. С.У. Умарова АН РТ



Бахтибекова Г.