

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу Рахимова Фаруха Каюмовича на тему «**Диаграммы состояния и термодинамические свойства сплавов европия и иттербия**», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности **02.00.04-физическая химия****

Наиболее распространенные способы получения металлических европия и иттербия являются восстановление их оксидов в вакууме углеродом или лантаном и электролиз расплава галогенидов (хлоридов) этих металлов. До недавнего времени металлические европий и иттербий очищались испарением и конденсацией в вакууме. Однако, их глубокая очистка, как правило, достигается комплексным применением сочетания различных способов: химических, экстракционных, ионообменных, дистилляционных, ректификационных, кристаллизационных и других методов. Среди них особое место занимают дистилляционные и кристаллизационные методы. Все эти способы очистки не мысленно проводить без знания диаграмм фазового равновесия, которые отражают происходящие в них реакции при взаимодействии компонентов. Установлено, что у европия и иттербия таких двойных диаграмм состояния с другими элементами построено чуть меньше 40% от их общего количества, т.е. более 60% их двойных диаграмм состояния не изучено. Исходя из этого, тема диссертационной работы Рахимова Ф.К., посвящённая, в частности, анализу взаимодействия и построению двойных и тройных диаграмм состояния европия и иттербия с некоторыми элементами периодической таблицы, вполне актуальна.

Диссертационная работа состоит из введения, литературного обзора, четырёх глав и выводов по ним. В списке цитированной литературы 113 наименований. Диссертация оформлена в соответствии с рекомендациями ВАК. В тексте диссертации представлены обобщенные данные результатов экспериментов и их обсуждения. Диссертация в достаточной степени проиллюстрирована фотографиями, рисунками и таблицами. Работа изложена на 163 страницах печатного текста.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, показана научная новизна, практическая значимость работы, а также дано представление об основных положениях, выносимых на защиту, и степени их апробации.

Первая глава содержит литературный обзор, в котором описаны физико-химические свойства европия и иттербия, дана оценка степени изученности двойных диаграмм состояния систем европия и иттербия с другими элементами периодической таблицы, а также спрогнозировано их взаимодействие в жидком и твёрдом состояниях.

Во второй главе рассматриваются результаты расчётов по построению двойных диаграмм состояния с расщеплением, неограниченной растворимостью и образованием химического соединения между компонентами в системах европия и иттербия с элементами различных групп и подгрупп ПТ.

В третьей главе соискатель описывает применение корреляционных методов для оценки термодинамических свойств двойных интерметаллических соединений европия и иттербия с элементами различных групп периодической таблицы. Использование данных методов автору дало возможность получить значения теплоёмкости, энтропии, энтальпии плавления и образования 52 химических соединений европия и 62 - иттербия. В приближении регулярных растворов диссертантом рассчитаны значения термодинамической активности элементов и избыточной свободной энергии Гиббса из построенных им же самим двойных диаграмм фазового равновесия расщепляющихся систем европия и иттербия с другими редкоземельными металлами. Автором отмечено, что полученные расчётные данные по термодинамическим свойствам систем европия и иттербия с другими редкоземельными металлами требуют экспериментального подтверждения, но, учитывая сравнительно незначительную погрешность расчётных данных от эксперимента в пределах 10-15%, эти данные имеют весомый вклад для предварительных расчётов химических и металлургических процессов.

Четвёртая глава посвящена обсуждению результатов экспериментального исследования взаимодействия в системах Yb-Sr, SrAl<sub>4</sub>-YbAl<sub>2</sub>, Al-YbAl<sub>2</sub>-SrAl<sub>4</sub> и

Al-Yb-Sr и построения их диаграмм состояния. При построении диаграммы состояния системы Yb-Sr литые и отожжённые образцы сплавов исследовались рентгенофазовым, металлографическим и дифференциально-термическим методами физико-химического анализа. Образование твёрдых растворов подтверждены микроструктурным, рентгенофазовым методами и измерением микротвёрдости структурных составляющих при нагрузке 50 г. Исследование квазибинарного разреза YbAl<sub>2</sub>-SrAl<sub>4</sub> производилось почти по аналогичной методике, которое указало на образование эвтектической смеси и широких областей ограниченных твёрдых растворов между компонентами. При построении поверхности ликвидуса квазитройной системы Al-YbAl<sub>2</sub>-SrAl<sub>4</sub> диссертант применил метод Шеффе, получивший название метода симплексных решёток планирования эксперимента. Кроме того, в данной главе диссертации приведены результаты разработки новой технологии генной инженерии (ТГИ) по повышению звукопоглощающих и механических свойств алюминиево-магниевого сплава, легированного цинком и иттербием. Показано, что сплавы системы Al-Mg-Zn, легированные лигатурой (Al + 6% Yb), полученной нетрадиционным путём с применением ТГИ, характеризуются лучшими акустодемпфирующими и механическими свойствами.

Применение в работе взаимодополняющих современных методов и приборов обеспечило надежность полученных экспериментальных результатов. Знакомство с четвертой главой диссертации, в целом, позволяет считать полученные автором данные достоверными.

В заключении автором сформулированы основные выводы по работе. Они достаточно полно отражают результаты выполненного исследования. Выводы адекватны использованным методам, следуют из полученного экспериментального материала, вполне обоснованы и хорошо отражают научную и практическую значимость диссертации, что дает основание говорить об обоснованности формулируемых диссертантом защищаемых положений.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые построено 40 двойных расчётных диаграмм состояния систем Eu (Yb)-PЗМ (Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu), Eu-Al (Sr, Co, Zr, Nb, Mo, Ta, Re), Yb-Sr

(Nb, Ta, W) с применением уравнений двухзонной модели и теории регулярных растворов. Расчётным путём впервые получены значения энергии взаимообмена, энергии связи одноимённых и разноимённых частиц, степени ближнего порядка европия и иттербия с элементами периодической таблицы, а также теплоёмкости, энтропии, энтальпий плавления и образования двухкомпонентных 52 химических соединений европия и 62 - иттербия. На основании построенных диаграмм состояния несмешивающихся систем европия и иттербия с другими редкоземельными металлами рассчитаны константы межчастичного взаимодействия, активности компонентов и избыточная свободная энергия Гиббса в зависимости от концентрации с использованием приближения теории регулярных растворов. Экспериментально построены диаграммы состояния двойной Yb-Sr и квазибинарной  $YbAl_2$ - $SrAl_4$  систем и поверхности ликвидуса квазитройной Al-YbAl<sub>2</sub>-SrAl<sub>4</sub> и трёхкомпонентной систем Al-Yb-Sr методом симплексного планирования.

Все указанные выше результаты, полученные в ходе выполнения данной научной работы, имеют как теоретическое, так и практическое применение, о чём диссертант подробно изложил в своём материале.

Основное содержание диссертации достаточно полно отражено в 26 публикациях, их список приведен в автореферате, который по своей структуре соответствует положениям диссертации.

По представленной диссертационной работе Рахимова Ф.К. можно сделать следующие замечания и пожелания.

1. Из анализа главы четвёртой диссертации стало ясно, что изучалась одна трёхкомпонентная система Al-Yb-Sr, а сплавы разрабатывались на основе другой системы Al-Mg-Zn. Почему выбраны разные системы сплавов?


2. При расчёте координат диаграмм состояний двойных систем на основе лития с редкоземельными металлами (РЗМ) не указана погрешность результатов в сравнении с экспериментальными данными.

3. Не понятно, с какой целью автором исследованы влияние итербия на механические и акустодемпфирующие свойства сплавов системы Al-Mg-Zn, и где в промышленности их можно применять.

Отмеченные недостатки нисколько не уменьшают достоинства научной работы Рахимова Ф.К. Грамотное проведение теоретических работ с применением основных методов физико-химического и термодинамического анализов при выполнении данной диссертации указывает о достаточном уровне знаний соискателя. Результаты работы были представлены для обсуждения на многочисленных конференциях и симпозиумах.


Диссертационная работа Рахимова Фарруха Каюмовича на тему: «Диаграммы состояния и термодинамические свойства сплавов европия и иттербия» является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором на высоком научном уровне. Полученные результаты достоверны, выводы обоснованы. Работа написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. По актуальности, поставленным целям и задачам, объему проведенных исследований, новизне полученных результатов, их научной и практической значимости настоящая работа полностью отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Рахимов Ф.К., заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 - физическая химия.

Официальный оппонент, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой  
«Технология машиностроения, металлорежущие  
станки и инструменты» Таджикского технического  
университета имени акад. М.С.Осими

 Сафаров А.М.

Подпись д.т.н., доцента Сафарова А.М. заверяю.  
Начальник ОК и СР Таджикского технического  
университета им. акад. М.С.Осими



 Бадурдинов С.Т.

20 мая 2015 года