

Утверждаю

проректор КБГУ по НИР

профессор С.Ю. Хаширова

« 05 » *августа* 2019 г.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

Диссертация «Расчет термодинамических характеристик поверхностностей расплавов бинарных и тройных систем» выполнена на кафедре теоретической и экспериментальной физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

В период подготовки диссертации соискатель Зихова Карина Виликовна работала в колледже информационных технологий и экономики «Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова» в должности преподавателя.

В 2009 году Зихова К.В. окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» по направлению «Физика» с присуждением степени магистра физики.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2018 году федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

Научный руководитель - Калажиков Хамидби Хажисмелович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры теоретической и экспериментальной физики ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

По итогам диссертационной работы принято следующее заключение: Диссертационная работа Зиховой К.В. посвящена анализу экспериментальных изотерм поверхностного натяжения и установлению связи между поверхностным натяжением и составом расплавов бинарных систем, а также усовершенствованию существующих методик расчетов поверхностных характеристик металлических расплавов.

В ходе выполнения работы были решены следующие задачи:

1. Провести критический анализ экспериментальных изотерм ПН, которые появились в литературе после выхода на свет монографии С.И. Попеля (1994г.) и выявить общие закономерности изменения ПН с составом расплава;
2. Получить эмпирическое уравнение для описания аналитической зависимости ПН ( $\sigma$ ) бинарного расплава от его состава  $x$  – функцию  $\sigma(x)$ ;
3. На основе полученного выражения  $\sigma(x)$  разработать простые и надежные методы расчета термодинамических параметров поверхностного слоя двойных и тройных систем (изотерм ПН, адсорбции компонентов, состава поверхностного слоя и предельной поверхностной активности компонента и др.);
4. Разработка надежных и удобных в практическом применении методик прогнозирования поверхностных свойств расплавов бинарных и тройных металлических систем с использованием предложенного соотношения  $\sigma(x)$  между ПН и составом расплава.

**Личное участие автора в получении научных результатов, изложенных в диссертации.**

Цель и задачи диссертационной работы сформулированы научным

руководителем Калажоковым Х.Х. Все выносимые на защиту результаты и положения диссертации получены и разработаны автором лично, либо при ее непосредственном участии. Вывод основных уравнений, расчеты поверхностных параметров расплавов и их обсуждения выполнены совместно с докторантом кафедры физики наносистем КБГУ Калажоковым З.Х.

**Высокая степень достоверности результатов диссертационной работы** подтверждается согласованностью предлагаемых теоретических выкладок существующим теоретическим положениям и удовлетворительным согласием полученных в работе результатов расчетов с данными наиболее надежных известных экспериментов.

#### **Научная новизна работы.**

1. Впервые получено общее аналитическое выражение  $\sigma(x)$ , описывающее монотонно меняющиеся изотермы ПН с высокой точностью во всей концентрационной области, независимо от степени идеальности рассматриваемой системы. На основе этого уравнения разработана методика определения параметров  $\beta_i$  и  $F_i$  выражения  $\sigma(x)$  бинарных систем ( $i=2$ );
2. Получено уравнение изотермы поверхностного натяжения тройных систем и разработана методика определения параметров  $\beta_i$  и  $F_i$ ;
3. Показано что параметры  $\beta_i$  и  $F_i$  в полученном уравнении изотермы ПН бинарных ( $i=2$ ) и трехкомпонентных ( $i=3$ ) систем, имеют определенный физический смысл:  $\beta_i$  – изменение ПН, соответствующее выходу на поверхность одного моля поверхностно активного компонента,  $F_i$  – константа адсорбционного равновесия или константа обмена частицами свежееобразованной поверхности расплава с его объемом, характеризующая распределение частиц между объемом и поверхностным слоем;
4. Разработаны методики для расчетов адсорбций компонентов, содержания компонентов в поверхностном слое ( $x_i^o$ ) бинарных и трехкомпонентных

расплавов, позволяющие обходить при расчетах величины  $(\partial\sigma/\partial x)_{P,T}$  не достаточно точную и трудоемкую методику графического дифференцирования экспериментальной кривой изотермы ПН;

5. Впервые показано, что адсорбция добавляемого компонента зависит не только от разности ПН компонентов расплава, но и от произведения  $\beta \times (F - 1)$

6. Разработаны надежные и удобные в практическом применении методики прогнозирования поверхностных свойств двухкомпонентных и трехкомпонентных расплавов. Показано, что предложенные методики прогнозирования поверхностных свойств расплавов повышают точность определения параметров поверхности по сравнению с известными методами.

### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

Результаты критического анализа теоретических и экспериментальных изотерм ПН и сделанные теоретические выводы, новые идеи и гипотезы, на основе которых установлена связь между ПН и составами расплавов бинарных и тройных систем, новые методы расчетов адсорбции компонентов и состава поверхности расплавов могут быть использованы как при развитии теории поверхностных явлений, так и в учебном процессе при преподавании соответствующих спецкурсов на старших курсах физических и химических факультетов университетов.

Предложенные уравнения изотерм ПН двух и трехкомпонентных систем могут быть использованы для построения изотерм ПН с использованием экспериментальных данных по ПН всего-лишь двух пробных расплавов. Полученные выражения для расчетов адсорбций и поверхностных концентраций компонентов расплавов позволяют вычислить перечисленные параметры поверхности расплава с высокой точностью. Предложенная методика прогнозирования поверхностных свойств расплавов трехкомпонентных систем может быть успешно использована для решения соответствующих задач. Данная методика дает значительный экономический эффект – в десятки раз облегчает процесс получения конечных результатов по

определению поверхностных характеристик расплавов, позволяет значительно уменьшить время, затрачиваемое на проведение экспериментов, повышает точность получаемых результатов.

### **Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.**

Материалы диссертации представлены в 19 публикациях, из них 7 работ опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Основные результаты диссертации изложены в следующих публикациях:

1. Калажоков Замир Х. Расчет изотерм поверхностного натяжения расплавов многокомпонентных металлических систем / Замир Х. Калажоков, **К.В.Зихова**, З.Х.Калажоков, Х.Х.Калажоков, Т.М.Таова // Теплофизика высоких температур. - 2012. - Т.50, №3. - С.469-472. **(из перечня ВАК)**
2. Калажоков З.Х. Расчет изотерм поверхностного натяжения и адсорбций бинарных систем р-металлов / З.Х.Калажоков, **К.В.Зихова**, Заур Х. Калажоков, Х.Х. Калажоков, Х.Б.Хоконов // Теплофизика высоких температур. - 2012. - Том 50, №6. - С.781-784. **(из перечня ВАК)**
- 3.Калажоков З.Х. К расчету адсорбций компонентов бинарных расплавов металлических систем / З.Х. Калажоков, **К.В.Зихова**, Заур Х. Калажоков, З.В. Барагунова, Х.Х. Калажоков // Теплофизика высоких температур. - 2016. - Том 54, №4. - С. 636-639. **(из перечня ВАК)**
- 4.Калажоков З.Х. Методика прогнозирования поверхностных свойств сплавов, используемых в электронной технике в качестве основы фотокатодов / З.Х. Калажоков, **К.В. Зихова**, М.А.Дзакуреев, Заур Х. Калажоков, Б.С. Карамурзов, Х.Х. Калажоков, Х.Б. Хоконов // Известия КБГУ. - 2011. - Том I, №3. - С.38-43. **(из перечня ВАК)**
5. Калажоков З.Х.Расчет изотерм поверхностного натяжения и адсорбции компонентов в расплавах металлических систем / З.Х. Калажоков, **К.В. Зихова**, Зур Х. Калажоков, Н.С. Реуцкая, Х.Х. Калажоков, Т.М. Таова, Х.Б.Хоконов // Известия КБГУ. - 2011. - Том I, №2. - С.15-22. **(из перечня**

**ВАК)**

6. **Зихова К.В.** Расчет концентрационной зависимости работы выхода электрона бинарных сплавов / К.В. Зихова, З.Х. Калажоков, Заур Х. Калажоков, Х.Х. Калажоков // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2010. - №6. - С.47-49. **(из перечня ВАК)**

7. **Зихова К.В.** Расчет концентрационной зависимости работы выхода электрона сплавов трехкомпонентных систем / К.В. Зихова, Заур Х. Калажоков, З.Х. Калажоков, Х.Х. Калажоков // Журнал Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2010. - №6. - С. 53-55. **(из перечня ВАК)**

8.Калажоков З.Х. Прогнозирование поверхностных свойств трехкомпонентных расплавов / З.Х. Калажоков, **К.В. Зихова**, Заур Х. Калажоков, Б.С. Карамурзов, Х.Х. Калажоков, Х.Б. Хоконов // Вестник Академии наук Чеченской Республики. - 2011. - №1 (14) - С.26-32.

9.Калажоков З.Х. Расчет поверхностных концентраций и адсорбций компонентов бинарных и трехкомпонентных металлических сплавов / З.Х. Калажоков, А. Альсурайхи, **К.В. Зихова**, Заур. Х. Калажоков, М.А. Дзакуреев, Б.С. Карамурзов, Х.Х. Калажоков, Х.Б. Хоконов // Труды международного междисциплинарного симпозиума «Физика межфазных границ и фазовые переходы». - 18-23 сен. – 2012 г. - С.39-42.

10.Калажоков З.Х. Об одном уравнении изотермы поверхностного натяжения расплавов бинарных металлических систем / З.Х. Калажоков, Заур Х. Калажоков, Э.Х. Шериева, **К.В. Зихова**, З.В. Барагунова, Х.Х. Калажоков, Х.Б. Хоконов // Всероссийская научнопрактическая конференция «Актуальные проблемы современного материаловедения». - 2015. - С. 108-115.

11.Калажоков З.Х. Расчет адсорбций компонентов бинарных сплавов систем щелочных металлов / З.Х. Калажоков, Заур Х. Калажоков, З.В. Карданова, Н.С. Реуцкая, А. Альсурайхи, **К.В. Зихова**, М.А. Дзакуреев, Х.Х. Калажоков, Т.М. Таова // Вестник ТвГУ. Серия Физика. - 2013. - Выпуск 21. - С. 49-52.

12. Калажоков З.Х. Расчет адсорбций компонентов в двух- и трехкомпонентных расплавах / З.Х.Калажоков, Заур Х.Калажоков, Б.С. Карамурзов, Х.Х. Калажоков, **К.В. Зихова**, Х.Б. Хоконов // Труды международного междисциплинарного симпозиума «Физика межфазных границ и фазовые переходы». - 19-23 сен., 2011. - С.75-78.
13. **Барсокова К.В.** Расчет адсорбции и активности поверхностно-активного компонента в бинарных металлических системах / К.В. Барсокова, З.Х. Калажоков, Заур Х. Калажоков, Х.Х. Калажоков // Труды 2-го международного междисциплинарного симпозиума «Физика низкоразмерных систем и поверхностей». - 2010 — С. 108-110.
14. Калажоков З.Х. Расчет составов поверхностных растворов бинарных и трехкомпонентных расплавов металлических систем / З.Х. Калажоков, Заур Х. Калажоков, Б.С. Карамурзов, Х.Х. Калажоков, **К.В. Зихова**, Х.Б. Хоконов // Труды международного междисциплинарного симпозиума «Физика межфазных границ и фазовые переходы». - 19-23 сен., 2011г. - С. 79-81.
15. Калажоков З.Х., Барсокова К.В., Калажоков Заур Х., К расчету концентрационной зависимости поверхностного натяжения сплавов металлических систем / З.Х. Калажоков, **К.В. Барсокова**, Заур Х. Калажоков, Т.М. Таова // Труды международного междисциплинарного симпозиума «Физика межфазных границ и фазовые переходы». - 2010 — С. 104-107.
16. **Зихова К.В.**, Калажоков З.Х., Калажоков Заур.Х., Реуцкая Н.С., Таова Т.М., Калажоков Х.Х. Расчет изотерм поверхностного натяжения и адсорбции многокомпонентных сплавов / К.В. Зихова, З.Х. Калажоков, Заур Х. Калажоков, Н.С. Реуцкая, Т.М. Таова, Х.Х. Калажоков // XIII Российская конференция по теплофизическим свойствам веществ. Тезисы докладов. - 28 июня – 1 июля 2011. – С. 220-221.
17. Калажоков З.Х. Расчет изотерм поверхностного натяжения и адсорбции бинарных сплавов металлических систем / З.Х. Калажоков, **К.В. Зихова**, Заур Х. Калажоков, Х.Х. Калажоков, Х.Б. Хоконов // XIII Российская конференция по теплофизическим свойствам веществ. Тезисы докладов. - 28 июня – 1 июля

2011. – С. 225-226.

18. Калажоков З.Х. Расчет изотерм адсорбции компонентов бинарных расплавов систем щелочных металлов / З.Х. Калажоков, Заур Х.Калажоков, **К.В. Зихова**, З.В. Барагунова, Н.С. Реуцкая, Э.Х. Шериева, Х.Х. Калажоков // Сборник научных трудов Академии наук Чеченской республики. - 2016. - №5. - С. 211-219.

19. Калажоков З.Х. Аналитическое описание экспериментальных изотерм поверхностного натяжения бинарных систем с широким минимумом. / З.Х. Калажоков, К.В. Зихова, Л.Х. Мусова, Х.Х. Калажоков // Университетский научный сборник №2. Сборник научных трудов национальной университетской научно-практической конференции, приуроченной к 85-летию со дня основания Кабардино-Балкарского государственного университета. – Нальчик: КБГУ, 2018г. – С. 23-26.

Результаты диссертационной работы обсуждались на следующих конференциях и симпозиумах:

- Второй международный междисциплинарный симпозиум «Физика низкоразмерных систем и поверхностей» LOW Dimensional System (LDS-2). г. Ростов-на-Дону – п. Лоо, 3-8 сентября 2010 год;

- XIII Российская конференция по теплофизическим свойствам веществ (с международным участием): Тезисы докладов, Новосибирск, 28 июня – 1 июля 2011г.;

- Первый международный междисциплинарный симпозиум «Физика межфазных границ и фазовые переходы», г. Нальчик – п. Лоо, 18-23 сен., 2012;

- 18-й Международный симпозиум «Упорядочение в минералах и сплавах», ОМА-18, Ростов-на-Дону-пос. Южный (п. «Южный»), 10-15 сентября 2015г.;

- Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы современного материаловедения». ЧГУ, г. Грозный, 2015.

•Национальная университетская научно-практическая конференция, приуроченная к 85-летию со дня основания Кабардино-Балкарского государственного университета. Нальчик: КБГУ, 2018г.

В работе не содержится материал или отдельные результаты без ссылок на авторов или источники заимствования.

Диссертация «Расчет термодинамических характеристик поверхностностей расплавов бинарных и тройных систем» представляет собой научно квалификационную работу и соответствует требованиям, установленным для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (ч. II «Положения о присуждении ученых степеней» утв. Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, ред. от 01.10.2018). Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника (п.1).

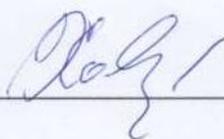
Диссертация «Расчет термодинамических характеристик поверхностностей расплавов бинарных и тройных систем» Зиховой Карины Виликовны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Результаты открытого голосования: за - 13; против - нет; воздержавшихся - нет.

Председатель Регионального семинара им. С.Н. Задумкина:

доктор физико-математических наук,

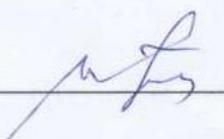
профессор

 /Хоконов Х.Б. /

Секретарь заседания,

доктор физико-математических наук,

профессор

 /Шебзухова И.Г. /