

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.308.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Х.М. БЕРБЕКОВА» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
(ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 27.10.2023 г. № 5

**О присуждении Кутуеву Руслану Азаевичу, гражданину Российской  
Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук**

Диссертация **«Поверхностные свойства двойных и многокомпонентных расплавов на основе легкоплавких металлов»** по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 14.06.2023, протокол № 4 диссертационным советом 24.2.308.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 360004, г.Нальчик, ул. Чернышевского, д. 173, приказом от 02.11.2012 г. № 714/нк.

Соискатель Кутуев Руслан Азаевич, 04 ноября 1968 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Термодинамические параметры поверхностного слоя двойных и многокомпонентных расплавов легкоплавких р-металлов» защитил в 2001 году в диссертационном совете, созданном на базе Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, работает доцентом кафедры «Общая физика», проректором по общим вопросам ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова».

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова» на кафедре «Общая физика».

**Научный консультант** – доктор физико-математических наук, профессор **Дадашев Райком Хасимханович**, ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова», профессор кафедры «Общая физика» (спец. 01.04.14 – Теплофизика и молекулярная физика).

**Официальные оппоненты:**

**Попель Петр Станиславович** – доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», профессор кафедры «Физика, технологии и методика обучения физике и технологии» (г. Екатеринбург);

**Хайрулин Рашид Амирович** – доктор физико-математических наук, СИС, ФГБУН «Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН», ГИС лаборатории термодинамики веществ и материалов (г. Новосибирск);

**Абдулагатов Ильмутдин Магомедович** – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», заведующий кафедрой «Физическая и органическая химия» (г. Махачкала) дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное автономное образовательное учреждение высшего образования Южный федеральный университет, (г. Ростов-на-Дону) в своем положительном отзыве, подписанном Вербенко Ильей Александровичем – д.ф.-м.н., директором НИИ физики ЮФУ указала, что «На основании выполненных автором исследований и разработок осуществлено решение научной проблемы: особенности влияния состава и температуры на свойства границ раздела чистых металлов, двойных и многокомпонентных металлических расплавов с газовой и кристаллическими фазами (поверхностное натяжение, плотность, угол смачивания, адсорбция компонентов, эффективная толщина и усреднённый состав поверхностного слоя)», «...целый ряд теоретических и экспериментальных результатов рекомендуется использовать в учебном процессе при изучении обучающимися (бакалаврами и магистрами), а также аспирантами поверхностных свойств двойных и многокомпонентных систем...», «...диссертационная работа «Поверхностные свойства двойных и многокомпонентных расплавов на основе легкоплавких металлов» отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук в соответствии с «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (редакция от 11.09.2021), а ее автор Кутуев Руслан Азаевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника».

В отзыве ведущей организации имеются замечания, в основном рекомендательного характера:

- в диссертационной работе автор исследует свойства поверхности сплавов легкоплавких металлов и их границ с твердыми металлами, рассматривая их как структурно-чувствительные параметры. Удачным было бы дополнить эти данные непосредственным исследованием кристаллической структуры поверхностей сплавов и электрических характеристик, например, работы выхода электрона;
- в работе не рассматривается влияние малых примесей таких элементов как Р, S, F и ряда других, которые, как известно, могут оказывать критическое влияние как на свойства самих металлов, так и на их поверхности;
- в работе используются различные марки стали, но в ряде случаев не приводится их химический состав, что создает некоторые неудобства при прочтении диссертации;

– в работе имеются недостатки в оформлении рисунков и графиков. На некоторых графиках не обозначены доверительные интервалы. На рисунках (3.16; 4.6 и т.д.) вычисленные значения поверхностных свойств обозначены точками, что приводит к восприятию их как экспериментальных данных. На рисунках 6.19-6.21 точки, соответствующие значению краевого угла смачивания, не соединены кривыми, что затрудняет их восприятие;

– автор излишне подробно описал последовательность обработки профиля капли при измерении поверхностного натяжения методом большой капли. В частности, рисунок 2.6 можно было опустить.

Соискатель имеет 140 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 60 работ, из них в рецензируемых (ВАК, Scopus, Web of Science) научных изданиях опубликовано 27 работ. Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Ряд работ опубликован в соавторстве. Информация о результатах, полученных соискателем с соавторами, представлена в диссертации подробно и ясно. Личный вклад автора является определяющим в выборе направлений, постановке задач и планировании исследований, анализе и сравнении результатов теоретических и экспериментальных исследований, формулировке выводов и заключений, откуда следует, что основные результаты диссертации соискатель получил самостоятельно.

#### **Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. Дадашев Р.Х., **Кутуев Р.А.**, Элимханов Д.З. Поверхностное натяжение и плотность расплавов индий – олово и их зависимость от состава и температуры // Расплавы. – 2023. - №1. – С. 78 – 88.
2. Karamurzov B.S., Ponegev M.K., Shermetov A.K., Shokarov A.A., **Kutuev R.A.**, Sozaev V.A. Polytherms of the Surface Properties of Copper–Aluminum Alloys // Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2021. – Vol. 15, №. 3. – P. 637-639.
3. Дадашев, Р.Х., Элимханов Д.З., **Кутуев Р.А.**, Умархаджиев С.М. Концентрационная зависимость расстояния между различными положениями разделяющей поверхности Гиббса в двухкомпонентных растворах // Журнал физической химии. – 2021. – Т. 95, № 11. – С. 1724-1729.
4. Карамурзов Б.С., **Кутуев Р.А.**, Понежев М.Х., Созаев В.А., Шерметов А.Х., Шокаров А.А. Изотермы плотности, поверхностного натяжения и адсорбции Na в расплавах Pb-Na // Известия РАН. Серия физическая. – 2021. – Т. 85, № 9. – С. 1309-1313.
5. Карамурзов Б. С., **Кутуев Р.А.**, Понежев М.Х., Созаев В.А., Шерметов А.Х., Шокаров А.А. Плотность и поверхностное натяжение расплавов свинец-натрий // Известия РАН. Серия Физическая. – 2019. – Т. 83, № 6. – С. 845-847.
6. Елекоева К.М., Касумов Ю.Н., **Кутуев Р.А.**, Манукянц А.Р., Понежев М.Х., Созаев В.А., Хасцаев Б.Д. Политермы углов смачивания цинком и сербской бронзой вольфрамо-кобальтовых твердых сплавов // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2017. – № 10. – С. 48-54.

7. Дадашев Р. Х., **Кутуев Р. А.**, Созаев В. А. Поверхностные свойства сплавов на основе свинца, олова, индия, кадмия: монография. – М.: Физматлит, 2016. – 208 с.
8. **Кутуев Р. А.** Политермы поверхностного натяжения и плотности свинцовых расплавов // Вестник Академии наук Чеченской Республики. – 2016. – № 3 (32). – С. 15-23.
9. Камболов Д.А., Кашежев А.З., **Кутуев Р.А.**, Понежев М.Х., Созаев В.А., Шерметов А.Х. Политермы плотности, поверхностного натяжения висмутистого свинца и угла смачивания им высоконикелевых и ферритно-мартенситных сталей // Теплофизика высоких температур. – 2014. – Т. 52, № 3. – С. 392-396.
10. Камболов Д.А., Кашежев А.З., **Кутуев Р.А.**, Понежев М.Х., Созаев В.А., Шерметов А.Х. Политермы плотности и поверхностного натяжения расплава цинк-алюминий-молибден-магний // Известия РАН. Сер. физическая. – 2014. – Т. 78, № 8. – С. 1016-1018.
11. Дадашев Р.Х., **Кутуев Р.А.**, Элимханов Д.З. Адсорбция и усредненный состав поверхностного слоя четырехкомпонентных расплавов (индий-олово-свинец-висмут) // Естественные и технические науки. – 2012. – № 2 (58). – С. 39-44.
12. Дадашев Р.Х., **Кутуев Р.А.**, Арсамиков У.В. Поверхностные свойства и молярные объемы расплавов индий-галлий // Расплавы. – 1993. – № 1. – С. 79-82.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

*Положительный отзыв от официального оппонента Попеля Петра Станиславовича*, где имеются замечания:

- излишние подробности в изложении экспериментальных результатов, в частности включения в главу 5 таблиц с результатами отдельных опытов, которые даже в кандидатских диссертациях обычно включаются только в Приложения. Это же касается и некоторых выводов, среди которых встречаются и весьма тривиальные, например, на стр.262: «Таким образом, наличие даже в небольших количествах поверхностно-активных примесей в жидких металлах и в паровой фазе может существенно повлиять на закономерности смачивания жидкими металлами твердых поверхностей» или далее, на стр.274 «... температурная зависимость ПН свинца, висмута, висмутистого свинца, эвтектического сплава свинец-висмут линейная с отрицательным температурным коэффициентом»;
- иногда в выводы диссертант включает тезисы, которые в тексте диссертации носили только предположительный характер. Так, на стр.275 он однозначно связывает аномалии изотерм поверхностного натяжения растворов натрия в свинце с «...формированием в поверхностном слое и объеме этих расплавов квазихимических соединений», тогда как в тексте соответствующей главы 5 он пишет, что «наличие экстремумов на зависимости плотности... при отсутствии на диаграмме состояния...химических соединений, на наш взгляд,

обусловлено образованием в расплавах микрокластеров, т.е. установлением ближней упорядоченности атомов»;

– на рис.6.14 размеры экспериментальных точек настолько малы, что не удается различить, какому парциальному давлению кислорода соответствует каждая приведенная на нем кривая;

– в качестве рекомендации можно отметить, что диссертант ограничился расчетами поверхностных свойств расплавов в рамках модели поверхностного слоя, в котором его плотность составляет 95% плотности объемной фазы. Было бы интересно провести эти расчеты при других значениях этого параметра, т.е. определить зависимость получаемых результатов от соотношения плотностей поверхностного слоя и объемной фазы.

*Положительный отзыв от официального оппонента Хайрулина Рашида Амировича, где имеются замечания:*

– из рассмотрения положения разделяющих поверхностей, рассчитываемых при различных определениях адсорбции, делается вывод, что эти поверхности находятся в пределах физических границ раздела фаз. Смысл такого утверждения не ясен, так как реальных геометрических границ раздела фаз не существует;

– некоторые выводы недостаточно обоснованы. Примером может служить обсуждение обнаруженного максимума на политерме ПН для расплава четырехкомпонентной системы Zn-Mo-Al-Mg определенного состава. По мнению автора, максимум обусловлен наличием оксидов на поверхности расплава. Никаких аргументов в пользу указанного вывода не приводится. В то же время известно, что очень слабая зависимость ПН от температуры (т.н. явление температурной буферности) нередко встречается в сплавах и объясняется адсорбционно-десорбционными процессами;

– автор диссертации обнаружил скачкообразное уменьшение плотности расплава натрий-свинец в интервале концентраций от 0,18 до 0,25 мол. % Na. Плотность расплава при этом падает на 9%. Этот результат автор объясняет структурными изменениями в расплаве (образованием микрокластеров). При этом не приводятся какие-либо аргументы в пользу этой гипотезы, например, сопоставление с поведением других физических свойств. В частности, для этой системы хорошо изучено поведение электрофизических свойств. Известно, что электросопротивление расплавов натрий-свинец действительно аномально меняется с концентрацией, но эти аномалии наблюдаются совсем в другой области составов (в районе 80 мол. % Na). Нет в работе и сведений о попытке перепроверки полученного результата;

– в работе встречаются досадные оплошности. Например, на стр. 99 утверждается, что в системе индий-олово минимум на изотерме с ростом температуры смещается в сторону индия, а на стр. 103 – в сторону олова;

– автор использует в диссертации термин «температурный коэффициент плотности» (ТКП). В литературе под этим понятием обычно имеется в виду производная от плотности по температуре. Фактически же, как ясно из подписи к рис. 5.7, ТКП – это производная от плотности по температуре,

нормированная на плотность, то есть объемный коэффициент теплового расширения;

– для большинства исследованных жидкометаллических систем в диссертации приведены концентрационные зависимости мольного объема. Это представляется логичным, поскольку именно степень отклонения измеренного мольного объема от линейной зависимости (т.е. от правила аддитивности) позволяет оценить степень неидеальности жидкометаллической системы. Однако в некоторых случаях автор приводит графики зависимости плотности от концентрации. Такой разницей в представлении данных представляется непонятным и затрудняет восприятие работы;

– в диссертации для многих систем приведено сравнение результатов по поверхностному натяжению, полученных автором, с литературными данными. Однако, сравнение данных по плотности, по-видимому, проведено только для системы висмут-свинец (на рис. 5.15). Как видно из рис. 5.15, расхождение результатов автора со справочными данными фактически не превышает случайных погрешностей измерений. Это, конечно, подтверждает надежность экспериментальных установок и методик, использованных автором для измерения плотности, однако, и для других легкоплавких жидких металлов (например, олово, индий, галлий) имеются очень точные литературные данные по плотности и тепловому расширению. Сравнение с ними также было бы очень полезно для оценок погрешностей измерений объемных свойств;

– в таблице 5.3 и в таблице 5.7 диссертации приведены разные уравнения для температурной зависимости плотности жидкого свинца. Они дают очень разные значения плотности при одной и той же температуре (например, при 600 К, 11750 кг/м<sup>3</sup> и 10655 кг/м<sup>3</sup>, то есть разница в 10%). Сравнение с литературными данными показывает, что более точное уравнение приведено в таблице 5.7. Причина появления двух уравнений неясна. Возможно, это результаты обработки данных разных экспериментов? Во всяком случае, пояснений в тексте диссертации по этому вопросу оппонентом не обнаружено.

***Положительный отзыв от официального оппонента Абдулагатова Ильмутдина Магомедовича***, где имеются замечания:

– автором впервые определена зависимость расстояния между различными положениями разделяющей поверхности от состава в экспериментально изученных двойных системах. Показано, что максимальное расстояние между известными положениями разделяющей поверхности Гиббса в этих системах не превышает толщину нескольких атомных слоев. Обобщая полученные результаты, автором сделан вывод о том, что ни одна из рассматриваемых разделяющих поверхностей при изменении состава бинарной системы не выходит за пределы физической границы раздела фаз. На наш взгляд, было бы целесообразно проверить справедливость этого вывода на бинарных системах со сложными изотермами ПН;

– работа не лишена недостатков, связанных с оформлением. В тексте

диссертации встречаются опечатки, стилистические и пунктуационные ошибки;

– некоторые рисунки оформлены неудачно. Например, по рисункам 13 и 14 из автореферата трудно определить критическую температуру смачивания жидким металлом твердых поверхностей. Обусловлено это тем, что автором на этих рисунках обозначены только экспериментальные точки. Следовало эти точки соединить линиями;

– на рисунке 9 автореферата вычисленные значения молярной поверхности обозначены точками, что создает впечатление, что это экспериментальные данные. Следовало эту зависимость изображать линией;

– при изложении 7 пункта (стр.10 автореферата) автор пишет, что «... в интервале концентрации натрия от 0,0021 до 0,0024 мол. долей как в режиме нагревания, так и в режиме охлаждения изотермы и политермы ПН и плотности характеризуются наличием точки перегиба». Однако, как следует из текста автореферата и диссертации, а также из выводов к диссертационной работе, точкой перегиба характеризуется только изотермы этих свойств, т.е. речь может идти только об изотермах;

– некоторые пункты раздела «Научная новизна» можно было без ущерба для содержательной части изложить более сжато. Так пункт 1. можно было изложить так «...определена зависимость расстояния между различными положениями разделяющей поверхности от состава экспериментально изученных двойных систем. Показано, что максимальное расстояние между положениями разделяющей поверхности, соответствующими различным вариантам определения адсорбции по Гиббсу, Гуггенгейму и Адаму ( $N$ ,  $M$  и  $V$ -варианты), не превышает толщину нескольких атомных слоев, т.е. ни одна из рассматриваемых поверхностей при изменении состава бинарной системы не выходит за пределы физической границы раздела фаз».

**Положительный отзыв** от доктора физико-математических наук, академика РАН, заведующего кафедрой «Нанoeлектроника», президента МИРЭА – Российского технологического университета **Сигова Александра Сергеевича**. Отзыв положительный. Есть замечание:

– вызывает замечание рисунок 8 в автореферате. В подписи выделена адсорбция висмута в расплаве Pb-Bi, хотя логичнее было бы выделить адсорбцию висмута в четверной системе In-Sn-Pb-Bi.

**Положительный отзыв** от главного научного сотрудника Института физики им. Х.И. Амирханова ДФИЦ РАН, доктора физико-математических наук, член-корр. РАН, профессора **Камилова Ибрагимхана Камиловича**. Есть пожелание:

– автором показано, что ни одна из известных разделяющих поверхностей Гиббса при изменении состава бинарной системы не выходит за пределы физической границы раздела фаз. Представляет интерес проверка этого вывода на более сложных многокомпонентных системах.

**Положительный отзыв** от д.ф.-м.н., заведующего кафедрой Общей и специальной физики ИАТЭ НИЯУ МИФИ, профессора **Саввина Владимира**

**Соломоновича.** Имеется следующее замечание рекомендательного характера:

– представленные результаты по концентрационной и температурной зависимости поверхностного натяжения и краевого угла смачивания и наблюдаемые при этом особенности носят описательный характер. Попыток связать наблюдаемые закономерности с природой исследуемых объектов в автореферате не обнаруживается.

**Положительный** (совместный) **отзыв** от д.ф.-м.н., профессора **Алтухова Виктора Ивановича** и кандидата философских наук доцента СКФУ **Санкина Александра Викторовича**. Есть замечания:

– в тексте часто встречаются повторы и сложные нечеткие предложения. Так на странице 3 говорится, что при исследовании процессов на границе раздела эффективной оказалась методика, сочетающая «экспериментальное изучение ... с исследованиями структуры и свойств твердой поверхности. Это, конечно, недочет, но лучше было бы, если бы подобное встречалось реже.

– на странице 7 во втором и третьем абзацах довольно сложно объясняется важность исследований свойств ряда теплоносителей в высокоэнергетических ядерных установках и реакторных сталей.

**Положительный отзыв** от Главного научного сотрудника ООО «Газпром ВНИИГАЗ» доктора технических наук **Гречко Александра Георгиевича**. Имеются следующие замечания:

– при каких термовакuumных условиях проводились измерения поверхностного натяжения?

– из каких источников диссертант берет значения эффективной толщины поверхностного слоя чистых металлов, необходимые для определения изотерм молярной поверхности и толщины поверхностного слоя многокомпонентных расплавов?

**Положительный отзыв** от д.ф.-м.н., профессора кафедры физики ИГУ **Матиева Ахмета Хасановича**. В отзыве нет замечаний.

**Положительный отзыв** от д.ф.-м.н., заведующего кафедрой общей физики ЮФУ, профессора **Малышевского Вячеслава Сергеевича**. Замечаний нет.

**Положительный отзыв** от д.х.н., ГНС НИЦ коллективного пользования «Нанотехнологии и наноматериалы» ГГНТУ им. М.Д. Миллионщикова **Межидова Вахида Хумаидовича**. Замечаний нет.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** тем, что:

– официальные оппоненты являются компетентными специалистами в области теплофизики, имеют соответствующие научные работы, опубликованные в высокорейтинговых рецензируемых научных изданиях;

– институт физики ЮФУ является известным научным центром, специализирующимся в проведении фундаментальных и прикладных научных исследований в области физики межфазных явлений и имеющим публикации

по тематике диссертации.

Ведущая организация и официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- определена зависимость расстояния между различными разделяющими поверхностями от состава экспериментально изученных двойных систем;
- разработан метод вычисления молярной поверхности, эффективной толщины и усредненного состава поверхностного слоя многокомпонентных растворов;
- определены экспериментально в широкой области концентраций изотермы и политермы ПН и плотности расплавов: Ga-Bi, Pb-Tl, In-Sn, In-Tl, Sn-Tl, Cu-Al; Pb, Bi, Pb-10.6 масс. % Bi и разбавленных растворов Pb-Na;
- определены по разработанным методам, используя полученные экспериментальные данные, концентрационные зависимости термодинамических параметров поверхностного слоя четверных расплавов In-Sn-Pb-Bi;
- экспериментально измерены температурные зависимости ПН и плотности расплава цинк-алюминий-молибден-магний (сербской бронзы);
- получены практически важные результаты по температурной зависимости краевых углов смачивания расплавом сербской бронзой, цинком, висмутистым свинцом, расплавами алюминий-медь различной концентрации некоторых твердых поверхностей в том числе и спец. сталей.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- доказано, что ни одна из рассматриваемых разделяющих поверхностей Гиббса при изменении состава бинарной системы не выходит за пределы физической границы раздела фаз, что свидетельствует о равнозначности существующих вариантов определения адсорбции (относительная адсорбция Гиббса, *N*, *M* и *V*-варианты адсорбции по Гуггенгейму и Адаму);
- разработаны методы, позволяющие определить по концентрационной зависимости ПН следующие термодинамические параметры поверхностного слоя многокомпонентных расплавов: молярные и парциально-молярные поверхности, эффективную толщину и усредненный состав поверхностного слоя. Эти методы применяются при определении свойств поверхностного слоя и теоретическом анализе адсорбционных процессов в многокомпонентных растворах;
- получены экспериментальные данные по температурной зависимости ПН, плотности жидких металлов и сплавов и угла смачивания ими твердых поверхностей расширяют базу данных по свойствам межфазной границы, что может служить экспериментальной основой для разработки новых теоретических моделей.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

- данные по температурной зависимости поверхностного натяжения и плотности расплавов сербской бронзы и висмутистого свинца могут использоваться на предприятиях цветной металлургии. В частности, на заводе «Электроцинк» (г. Владикавказ);
- данные по температурной зависимости краевых углов смачивания расплавами Pb – 10.6 масс. % Bi новых реакторных сталей могут найти применение при разработке тяжелых жидкометаллических теплоносителей для высокоэнергетических ядерных установок;
- данные по взаимодействию цинка с вольфрам-кобальтовыми твердыми сплавами могут найти применение при получении микропорошков твердых сплавов, в частности на заводе «Победит» (г. Владикавказ);
- экспериментальные данные по ПН, плотности и смачиваемости расплавами медь-алюминий твердых подложек могут быть необходимыми для решения целого ряда прикладных задач, так как эти сплавы нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. В частности, они применяются в авиапромышленности для изготовления некоторых деталей турбореактивных двигателей и в электротехнике. Расплавы этой системы нашли применение также в качестве высокотемпературных припоев для пайки титана, нержавеющей сталей и твердых сплавов;
- результаты теоретических и экспериментальных исследований, полученные автором, используются в учебном процессе в КБГУ им. Х.М. Бербекова, ЧГУ им. А.А. Кадырова и включены в образовательные программы по дисциплинам «Физика поверхности», «Термодинамика поверхностных явлений».

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- идея, заложенная в основу разработанных и апробированных методов расчета термодинамических параметров поверхностного слоя (расстояние между различными положениями разделяющей поверхности Гиббса, усредненный состав и эффективная толщина поверхностного слоя) базируется на фундаментальных уравнениях термодинамики поверхностных явлений;
- использованы надежные и апробированные методы исследования поверхностных свойств и современные методы обработки экспериментальных данных;
- установлено, что взаимная согласованность данных полученных разными методами, а также их хорошая воспроизводимость подтверждают высокую степень достоверности;
- установлено количественное совпадение результатов, полученных в диссертации с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

**Личный вклад автора** состоит в разработке методов вычисления свойств поверхностного слоя многокомпонентных систем и определении концентрационных зависимостей термодинамических параметров поверхностного слоя, исследованных двойных и многокомпонентных

расплавов, а также в формулировке идей экспериментов, анализе и сравнении результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Основные результаты диссертационной работы получены автором лично или при его непосредственном участии. Теоретические исследования адсорбционных процессов в многокомпонентных расплавах и часть трудоемких экспериментальных исследований были проведены совместно с соавторами научных публикаций. Экспериментальные исследования температурной и концентрационной зависимости ПН и плотности двухкомпонентных систем индий-таллий, олово-таллий, свинец-таллий и четырехкомпонентных расплавов индий-олово-свинец-висмут проведены автором лично. Экспериментальные исследования зависимости ПН и плотности расплавов сербской бронзы, двойных систем галлий-висмут, индий-олово, свинец-висмут, медь-алюминий, свинец-натрий и угла смачивания жидкими сплавами твердых подложек из различных материалов выполнены совместно с соавторами.

На заседании 27 октября 2023 года (протокол № 5) диссертационный совет принял решение, за разработку теоретического положения и получение новых экспериментальных данных, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области физики межфазных явлений, присудить Кутуеву Руслану Азаевичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней нет.

Председатель

диссертационного совета

  
Ашхотов Олег Газизович

Ученый секретарь

диссертационного совета

  
Дышеков Артур Альбекович

30.10.2023