ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.076.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Х.М. БЕРБЕКОВА» МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29.06.2016 г. № 3

О присуждении Жолаевой Фатимат Башировне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Теоретическое моделирование процессов плавления в бинарных эвтектических системах» по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 28.04.2016 г., протокол № 10, диссертационным советом Д 212.076.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» Министерства образования и науки РФ, 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, созданного приказом № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Жолаева Фатимат Башировна, 1985 года рождения, в 2008 г. окончила ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», в 2011 году окончила очную аспирантуру по специальности 01.04.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»; с 01.09.2015 г. работает инженером кафедры геофизики

и экологии Института физики и математики ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

Диссертация выполнена на кафедрах теоретической физики и геофизики и экологии Института физики и математики ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

Научный руководитель – Жекамухов Мусаби Касович (ушел из жизни в 2014 г.) доктор физико-математических наук, профессор кафедры геофизики и экологии ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

После безвременной кончины профессора Жекамухова М.К. дальнейшее руководство над диссертационной работой принял на себя заведующий кафедрой теоретической физики ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», доктор физико-математических наук, профессор Хоконов М.Х., который участвовал в разработке и обобщении научных результатов диссертационной работы и ее оформлении.

Официальные оппоненты:

Широков Владимир Борисович, доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук;

Саввин Владимир Соломонович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры общей и специальной физики факультета естественных наук Обнинского института атомной энергетики – филиал ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики им. Х.И. Амирханова» Дагестанского научного центра Российской академии наук, г. Махачкала, в своем

положительном заключении, подписанном заведующим сектора теоретической физики, кандидатом физико-математических наук Агаларовым А.М. и утвержденным директором ФГБУН «Институт физики им. Х.И. Амирханова» ДНЦ РАН, доктором физико-математических наук членом-корреспондентом РАН, профессором Муртазаевым А.К., указала, что диссертационная работа Жолаевой Ф.Б. является самостоятельным и завершенным научным исследованием, которое имеет несомненную научно-практическую ценность. В заключении отмечается, что представленное диссертационное исследование удовлетворяет всем требованиям, установленным пунктом 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), а ее автор – Жолаева Фатимат Башировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплотехника и теоретическая теплотехника.

По теме диссертационной работы с участием автора опубликовано 11 работ, из которых 6 – статьи, опубликованные в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Жекамухов, М.К. Теоретическое моделирование процессов контактного плавления в бинарных эвтектических системах в стационарном режиме / М.К. Жекамухов, **Ф.Б. Жолаева** // Расплавы. − 2011. − № 5. − С. 74−82.

2. Жекамухов, М.К. К теории возникновения промежуточной фазы в начальной стадии контактного плавления / М.К. Жекамухов, **Ф.Б. Жолаева** // Расплавы. − 2011. − № 6. − С.80–94.

3. Жекамухов, М.К. Зависимость между толщиной жидкой прослойки и сдавливающим усилием при контакном плавлении тел в стационарном режиме / М.К. Жекамухов, **Ф.Б. Жолаева** // Расплавы. − 2013. − № 1. − С.79−86.

4. Жекамухов, М.К. Кинетика контактного плавления в бинарных эвтектических системах в нестационарном режиме. I. Концентрационное распределение атомов в твердых сплавах и расплаве при контактном плавлении / М.К. Жекамухов, **Ф.Б. Жолаева** // Расплавы. – 2015. – № 5. – С. 54–65.

5. Жекамухов, М. К. Кинетика контактного плавления в бинарных эвтектических системах в нестационарном режиме. II. Определение закона перемещения границ фазовых превращений и парциальных коэффициентов диффузии в расплав/ М.К. Жекамухов, **Ф.Б. Жолаева** // Расплавы. – 2016. – № 1. – С. 1–9.

6. Жекамухов, М. К. Кинетика контактного плавления в бинарных эвтектических системах в нестационарном режиме. III. Влияние теплоты фазовых превращений на скорость контактного плавления/ М. К. Жекамухов, **Ф.Б. Жолаева** // Расплавы. – 2016. – № 1. – С. 54–62.

В прочих изданиях:

1. **Жолаева, Ф.Б.** Эффект Киркендалла, возникающий при контактном плавлении в бинарных эвтектических системах / **Ф.Б. Жолаева** // Наука и устойчивое развитие. Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2013. – С.43–44.

2. **Жолаева, Ф.Б.** Контактное плавление кристалла сферической формы в расплаве другого кристалла / **Ф.Б. Жолаева** // Наука и устойчивое развитие. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2013. – С.43–44.

3. **Жолаева, Ф.Б.** Особенности возникновения промежуточных фаз в некоторых эвтектических системах / **Ф.Б. Жолаева** // Наука и устойчивое развитие. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2015. – С.60–62.

4. Жекамухов, М.К. Решение нестационарных задач контактного плавления в бинарных эвтектических системах без взаимной растворимости

в твердом состоянии / М.К. Жекамухов, **Ф.Б. Жолаева** // ИФЖ. – 2012. – Т.85. – № 5. – С. 1037–1043.

Версии: Zhekamukhov, M.K. Solution of nonstationary problems of contact melting in binary eutectic systems without mutual solubility in the solid state. / M.K. Zhekamukhov, **F.B. Zholaeva** // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2012. – Т. 85. – № 5. – С. 1127–1134.

5. **Жолаева, Ф.Б.** О квазистационарном методе в теории контактного плавления бинарных эвтектических систем / **Ф.Б. Жолаева** // Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспектива-2015». – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2015. – С. 148–152.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (отзывы прилагаются):

1) *положительный отзыв от официального оппонента Широкова Владимира Борисовича*, где имеются замечания:

– объяснение причины плавления твердого раствора при замещении атомов на стр.13, второй абзац, не вполне корректно, так как не привязано к диаграмме плавления и к температуре сплава;

– при вычислении глубины проникания в твердой фазе (параграф 1.3, конец стр. 39) автор требует выполнения условий, характерных для экспоненциального распределения, а не использует полученные им формулы. Поэтому пункт 5 выводов к главе 1 не верен;

– в формуле (2.29) на стр. 56 для потока массы должен стоять квадрат радиуса, следовательно, последующие формулы параграфа 2.2 следует откорректировать;

– пункт 8 выводов к главе 2 не имеет отношения к этой главе;

– диссертант в 4 главе последовательно и непротиворечиво получает условия существования ΔT-эффекта. Однако вывод делает неправильный (пункт 1 выводов к главе 4). Пересыщение при температуре, ниже

температуры эвтектики, если справедлива диаграмма состояния, не может привести к плавлению;

– рукопись диссертации не лишена некоторых погрешностей оформления:

стр. 20 «... возникают...пересыщение»,

стр. 22, последняя формула: $\frac{n_{А}^{(в)}\left(-\xi_1,t\right)}{n_{ж}^{(в)}\left(-\xi_1,t\right)}=\frac{n_{А}^{(в)}\left(-\xi_1,t\right)}{n_{ж}^{(в)}\left(-\xi_1,t\right)}=k_1{}'=k_1$,

стр. 39: e=2,73,

стр. 88 «... диссепируемой...»,

непонятное слово:

стр. 87 «... диссепирующейся ...»,

и, по-видимому, незаконченного предложения:

стр. 102, конец 3 главы «Влияние сдавливающего усилия ... слабее, ... чем влияние сдавливающего усилия».

2) *положительный отзыв от официального оппонента Саввина Владимира Соломоновича*, в котором имеются следующие замечания:

– на рис. 1.1. неверно показано соотношение концентраций на границах кристалл/жидкость для «чужих» атомов. В контактной жидкости на межфазных границах концентрация «чужих» атомов всегда больше; согласно соотношению между концентрациями *n* и долями *C* после формул 1.8. получается, что концентрации обратно пропорциональны долям, что неверно;

– в начале раздела 1.4. утверждается, что «потоки частиц в жидкой прослойке не могут быть пропорциональными градиентам молярной концентрации». Однако именно на стандартном законе диффузии сформулированы уравнения 1.2–1.4., на которые опирается автор диссертации;

– приведённые в разделе 2.1. значения ликвидусных долей для систем Cd-Bi и Ag-Cu далеки от действительности.

3) *положительный отзыв от ведущей организации* с замечаниями:

– основное замечание относится к гл.4. В этой заключительной главе автором сделана смелая попытка выявить механизм возникновения ΔT-эффекта, который до настоящего времени остается весьма дискуссионным у специалистов. Однако здесь не учитываются возможные источники (например, возможного ньютоновского теплообмена) в системе. Из-за неоднородности такого типа уравнений в системе могут возникать новые решения и, следовательно, другие возможные физические механизмы этого макроскопического ($\Delta T \sim 100^0$ C) эффекта контактного плавления. Как величина ΔT-эффекта, так и его пороговый характер указывают на целесообразность постановки и решения соответствующей неоднородной задачи с целью изучения влияния дополнительных источников на термодинамику контактного плавления;

– математические формулировки и определения в тексте диссертации (гл. 2, §2.1, стр.45 (условие квазистационарности); гл.3, §3.1, стр.75 (условие стационарности) не всегда являются полными и строгими, а сам текст содержит умеренное количество опечаток;

4) *положительный отзыв от Борлакова Хисы Шамиловича*, доктора физико-математических наук, профессора кафедры общеинженерных и естественнонаучных дисциплин Северо-Кавказской государственной гуманитарно-технологической академии (г. Черкесск). Имеется следующее замечание:

– недостаточно подробно описана методика определения параметров диффузии в расплаве, приведенная в первой главе;

5) *положительный отзыв от Ахсалба Асиды Константиновны*, кандидата физико-математических наук, доцента кафедры общей физики Абхазского государственного университета (г. Сухум). Замечаний нет;

6) *положительный отзыв от Шморгуна Виктора Георгиевича*, доктора физико-математических наук, профессора кафедры «Материаловедение и композиционные материалы» Волгоградского государственного технического университета (г. Волгоград) и *от Слаутина Олега Викторовича*, кандидата технических наук, доцента кафедры «Материаловедение и композиционные материалы» Волгоградского государственного технического университета (г. Волгоград). Имеются замечания:

– в тексте автореферата нет обоснования выбранных бинарных металлических систем и нет связи химического состава жидкой фазы с соответствующей диаграммой состояния;

– не понятно почему система Au-Cu автором считается эвтектической;

7) *положительный отзыв от Сысоева Игоря Александровича*, доктора физико-математических наук, директора научно-образовательного центра Института электроэнергетики, электроники и нанотехнологий Северо-Кавказского федерального университета (г. Ставрополь), профессора. Имеется замечание:

– в тексте автореферата не расшифрованы обозначения некоторых величин, которые содержатся в формулах;

8) *положительный отзыв от Ашабокова Бориса Азреталиевича,* доктора физико-математических наук, заведующего лабораторией «Физика облаков» Высокогорного геофизического института (ФГБУ «ВГИ», г. Нальчик), профессора. В качестве замечания отмечает следующее:

– из автореферата не ясно проводилось ли сравнение результатов аналитических исследований с результатами экспериментов;

9) *положительный отзыв от Куповых Геннадия Владимировича*, доктора физико-математических наук, заведующего кафедрой высшей математики Института компьютерных технологий и информационной

безопасности Южного Федерального университета (г. Таганрог), профессора. Имеется следующее замечание:

– в третьей главе для установления связи в процессе контактного плавления между толщиной жидкой прослойки между контактирующими образцами и сдавливающим усилием использована гидродинамическая модель стационарного течения вязкой жидкости без учета теплопроводности. Интересно узнать, нужно ли учитывать теплопроводные свойства жидкой среды на начальной стадии контактного плавления;

10) *положительный отзыв от Райцева Анатолия Васильевича*, доктора физико-математических наук, декана физико-технического факультета Северо-Осетинского государственного университета (г. Владикавказ), профессора. Замечаний нет;

11) *положительный отзыв от Хучунаева Бузжигита Муссаевича*, доктора физико-математических наук, заведующего лабораторией «Микрофизики облаков» Высокогорного геофизического института (г. Нальчик), профессора. В качестве замечания отмечает следующее:

– задачи исследования, результаты, обладающие научной новизной и положения, выносимые на защиту, следовало бы сформулировать на языке специальности (а не на математическом языке).

Во всех отзывах отмечаются несомненная актуальность и новизна исследования, а также личный вклад диссертанта в разработку темы. Отмеченные недостатки не снижают актуальности и значимости представленного исследования и носят частный характер.

В отзывах констатируется, что диссертационная работа Жолаевой Ф.Б. соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что:

– официальные оппоненты являются компетентными специалистами в области фундаментального, теоретического и экспериментального изучения свойств поверхности конденсированного состояния, процессов и явлений, протекающих на границах раздела фаз при тепловых процессах и агрегатных изменениях в физических системах, а также компетентны в вопросах разработки физических основ технологии получения материалов с определенными свойствами;

– Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики им. Х.И. Амирханова» Дагестанского научного центра Российской академии наук занимает достойное место на международной арене и является широко известным научным центром, специализирующимся в проведении фундаментальных и прикладных научных исследований. Основные направления научной деятельности института: физика конденсированных сред, физическое материаловедение, создание перспективных конструкций, материалов и технологий, получение новых сплавов и защитных покрытий многофункционального назначения и др.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **представлено** решение сформулированных задач о контактном плавлении в бинарных эвтектических системах в стационарном диффузионном режиме с учетом механического выдавливания расплава из зоны КП, и в нестационарном диффузионном режиме с учетом эффекта Киркендалла;

– **разработаны** новые методы определения параметров диффузии в контактной прослойке при контактном плавлении, которые позволят

получать более надежные значения коэффициентов диффузии в эвтектических расплавах;

– **разработана** упрощенная схема решения нестационарных задач контактного плавления и **определена** задача перемещения границ фазового превращения на основе первого квазистацинарного метода Лейбензона;

– **установлен** критерий применимости квазистационарного метода к задачам контактного плавления в бинарных эвтектических системах;

– **оценен** вклад теплоты фазовых превращений на процессы контактного плавления и **предложен** метод определения закона перемещения границ фазового превращения с учетом этого вклада;

– **разработан** диффузионный механизм возникновенияΔT-эффекта;

– **получены** соотношения между параметрами диффузии контактирующих веществ, при выполнении которых в системе возможен ΔT-эффект.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

найдены в общем виде решения построенных впервые теоретических моделей, описывающих процессы диффузии атомов в твердых сплавах и в расплаве при контактном плавлении;

получены и **проверены** простые расчетные формулы для случая контактного плавления кристаллов в условиях квазистационарности, которые рекомендуется использовать как критерии отбора эвтектических пар для осуществления контактного плавления;

выявлено, что понижение температуры контактного плавления за счет поглощения теплоты фазового превращения для различных эвтектических пар составляет несколько градусов, что вполне сравнимо с независимыми оценками при непосредственном измерении;

выведены и проверены соотношения между параметрами диффузии контактирующих веществ для установления возможности существования ΔT-эффекта для ряда эвтектических систем.

Научная новизна проведенных исследований заключается в том, что впервые:

– **поставлена** и **решена** в общем виде новая задача о контактном плавлении в бинарных эвтектических системах в стационарном и нестационарном диффузионных режимах с достаточно полным учетом всех физических процессов, протекающих в зоне плавления;

– **разработан** метод вычисления значений коэффициентов диффузии в расплаве с использованием опытных данных о толщинах слоев, расплавляющихся к произвольному моменту времени;

– **предложен** новый вариант объяснения ΔT-эффекта контактного плавления, который интерпретируется как результат пересыщения исходных кристаллов инородными атомами;

– **получен** критерий осуществимости ΔT-эффекта на основе соотношений между энергиями активации диффузии.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что сформулированные и используемые в обсуждаемой работе математические модели используются для интерпретации экспериментальных результатов. Полученные теоретические выводы допускают прямую экспериментальную проверку. Результаты диссертации могут стимулировать поиск и совершенствование существующих методов нахождения параметров диффузии в расплаве и исследования кинетики роста промежуточных фаз, а также характеристик переноса в жидких металлических системах. Так с помощью полученных условий возникновения промежуточной фазы между металлами можно с хорошей точностью определить состав жидкости, образующейся в начальной стадии контактного плавления. Предложенные механизмы осуществления ΔT-эффекта и установленные минимальные значения температур систем, при которых этот эффект реализуется, рекомендуются автором для проведения новых экспериментов по контактному плавлению.

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее:

– теория построена на основе апробированных физических и математических методов исследования;

– установлено соответствие отдельных результатов исследования с результатами, представленными в научной литературе, в частности, полученные в обсуждаемой работе оценки по снижению температуры в контакте кристаллов в начальный момент контактного плавления хорошо согласуются с независимыми оценками.

Личный вклад соискателя состоит в сборе и анализе научной литературы, в непосредственном участии на всех этапах исследовательского процесса – при разработке новых методов по определению параметров диффузии в расплаве, при теоретических разработках выявления механизма возникновения ΔT-эффекта и определения состава образующейся жидкости.

На заседании 29.06.2016 г. диссертационный совет принял решение присвоить Жолаевой Фатимат Башировне учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.04.14, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного
совета Д 212.076.02
д. ф.-м. н., профессор Х.Б. Хоконов

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.076.02
д. ф.-м. н., профессор А.М. Кармоков