

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.129.01, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 16.09.2026 № 15/2026

О присуждении Хайрулину Андрею Рашидовичу, гражданину Российской Федерации
учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Экспериментальное исследование энтальпии и теплоемкости жидких сплавов щелочных металлов со свинцом и висмутом» по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 10.06.2026 (протокол заседания № 13–1/2026) диссертационным советом 24.1.129.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 1, приказы Минобрнауки России от 11.04.2012 № 105/нк, от 03.06.2021 № 561/нк.

Соискатель Хайрулин Андрей Рашидович, 01 июня 1995 года рождения, на момент защиты диссертации работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории термодинамики веществ и материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук. В 2021 году соискатель окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению 03.04.02 Физика. С 2021 по 2025 гг. соискатель обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук по научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Диссертация выполнена в лаборатории термодинамики веществ и материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук. Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Станкус Сергей Всеволодович, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное

учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, руководитель научного направления «Теплофизические свойства веществ».

Официальные оппоненты:

Сидоров Валерий Евгеньевич, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный педагогический университет», директор Научно-образовательного центра «Расплав»,

Быков Виктор Анатольевич, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии имени академика Н.А. Ватолина Уральского отделения Российской академии наук, старший научный сотрудник

– дали положительные отзывы на диссертацию Хайрулина Андрея Рашидовича.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) в своем положительном отзыве, составленном заведующим лабораторией 16 ОИВТ РАН к.ф.-м.н. Хищенко Константином Владимировичем и утвержденном директором ОИВТ РАН академиком РАН Петровым Олегом Федоровичем, указала, что «В диссертации содержится решение задачи получения новых прецизионных экспериментальных данных по энтальпии и теплоёмкости твёрдых и жидких сплавов систем щелочных металлов со свинцом и висмутом при вариации температуры и концентрации компонентов, что имеет существенное значение для развития теплофизики и атомной энергетики. Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к использованию в организациях атомной отрасли, занимающихся разработкой перспективных жидкометаллических теплоносителей для ядерной и термоядерной энергетики».

Соискатель имеет 26 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, опубликовано 12 работ, общим объемом 76 страниц. Получен 1 аттестат Государственной службы стандартных справочных данных (ГСССД).

Опубликованные работы представлены статьями в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК (общим объемом 76 страниц), а также материалами международных и всероссийских конференций. Недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации не содержится.

В опубликованных работах авторский вклад соискателя заключается в подготовке и проведении экспериментальных исследований инкремента энтальпии и теплоемкости чистых металлов и сплавов. Обработка и анализ данных, полученных в этих исследованиях, проведены соискателем лично. Постановка задач, обобщение и интерпретация результатов выполнены соискателем совместно с научным руководителем д.ф.-м.н. С.В. Станкусом.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации Хайрулина Андрея Рашидовича:

1. Khairulin A.R., Stankus S.V. Calorimetric Properties of Pure Lithium Investigated by High Temperature Drop Calorimetry // International Journal of Thermophysics. – 2026 – Vol. 47 Art. No. 1.
2. Хайрулин А.Р., Станкус С.В. Энтальпия и теплоемкость жидких сплавов Cs–Bi // Теплофизика высоких температур. – 2024. – Т. 62, № 6. – С. 951–955.
3. Khairulin A. R., Stankus S. V. Enthalpy and Heat Capacity of Cs–Pb Alloys in Solid and Liquid States // International Journal of Thermophysics. – 2024. – Vol. 45. – Art. No. 67.
4. Хайрулин А. Р., Станкус С. В. Энтальпия и теплоемкость жидких сплавов $\text{Na}_{15}\text{Pb}_4$ и $\text{Na}_{50}\text{Pb}_{50}$ // Теплофизика и аэромеханика. – 2023. – Т. 30, №. 6. – С. 1223–1227.
5. Станкус С. В., Хайрулин А. Р., Яцук О. С. Энтальпия и теплоемкость свинца в конденсированном состоянии // Атомная энергия. – 2023. – Т. 134, №. 3–4. – С. 124–131.

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов, все – положительные. В отзывах указано, что диссертационная работа является завершённой, выполнена на высоком научном уровне, отличается актуальностью, а полученные в ней результаты обладают научной новизной и расширяют существующие представления о закономерностях изменения калорических свойств жидких сплавов щелочных металлов со свинцом и висмутом в зависимости от температуры и концентрации.

В отзыве на автореферат доктора физико-математических наук, члена-корреспондента РАН, профессора Стрижака Павла Александровича, профессора НОЦ И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики, заведующего лабораторией теплопереноса ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», содержится три замечания: «1. В автореферате целесообразно было представить раздел «Степень разработки направления исследований» и в нем перечислить ФИО специалистов и названия организаций, сформировавших текущий задел, его конкретизировать и более четко описать пустоты в области исследований, которые мотивировали настоящую работу. 2. Для практического

применения результатов исследований в виде функциональных зависимостей энтальпии и теплоемкости от температуры и концентрации компонентов сплавов целесообразно вывести инженерные аппроксимационные выражения и указать доверительные интервалы к ним. 3. В начале автореферата акцентированно отмечена важность контроля агрегатного состояния сплава (твердый и жидкий). По итогу проведенных исследований важно было отразить количественный вклад этого фактора для группы типичных составов сплавов и отметить его роль в ядерной и термоядерной энергетике».

В отзыве на автореферат доктора технических наук Компан Татьяны Андреевны, главного научного сотрудника лаборатории Государственных эталонов и научных исследований в области измерений теплового расширения и комплексного термического анализа ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева", содержится пять замечаний: «1. «Достоверность полученных в работе результатов обеспечена использованием надежной и апробированной экспериментальной установки, тщательной калибровкой и верификацией установки по эталонному материалу (лейкосапфиру)». Как апробирована экспериментальная установка через справочные данные по удельной теплоемкости лейкосапфира? Утвержденных справочных данных по удельной теплоемкости лейкосапфира и его удельной энтальпии нет. Если это градуировка или калибровка средства измерений по стандартному образцу, то в расчетах погрешности измерений необходимо обязательно учитывать погрешность измерений используемого калориметра. 2. Для применяемого оборудования определен класс средств измерений – калориметры смешения (дроп-калориметры). Автор применяет не стандартизованное название «изопериболический калориметр». 3. Понятие калорических свойств является частью понятия теплофизических свойств и применяется, в основном, для определения свойств, полученных расчетным методом, например, по квантово-механическим уравнениям. Тем более автор рассматривает свойства веществ в разных температурных диапазонах, а термин «калорические свойства» применяется для того, чтобы подчеркнуть, что характеристика изменения энергии определена. Желательно пользоваться стандартизованными терминами. 4. В главе 4 отмечается, что теплоемкость сплавов значительно превышает аддитивные значения, причем этот эффект убывает с ростом температуры. Можно ли на основе полученных температурных зависимостей избыточной теплоемкости оценить энтропию образования ионных комплексов? Планируется ли проведение такой термодинамической оценки в дальнейшем? 5. По оформлению. Диссертант в двух местах текста автореферата (стр. 3 и стр. 11) перепутал

свои собственные инициалы. Будем надеяться, что при выдаче диплома кандидата наук его инициалы не будут перепутаны».

В отзыве на автореферат кандидата физико-математических наук Рахеля Анатолия Дмитриевича старшего научного сотрудника ФГБУН Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, содержится два замечания: «1. Поскольку основной измеряемой величиной в этой работе была теплоёмкость, то следовало бы пояснить, как имеющиеся теории объясняют наличие максимума теплоёмкости при определённом составе сплава. 2. Для представления полученных данных по зависимостям теплоёмкости от состава сплава используются плавные аппроксимации. Однако это означает, что предполагается отсутствие скачков в этих зависимостях (фазовых переходов). Было бы уместным, если бы автор явно отметил, что для этого нет никаких оснований».

В отзыве на автореферат доктора физико-математических наук, профессора Ивлиева Андрея Дмитриевича, профессора кафедры математических и естественнонаучных дисциплин ФГАОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», содержится одно замечание: «При чтении автореферата возник вопрос: каким образом при обработке результатов измерения учитывалось снижение потенциальной энергии ампулы с образцом, возникающее при её падении в калориметрический блок?».

В совместном отзыве на автореферат доктора физико-математических наук, академика АН ЧР Дадашева Райкома Хасимхановича, профессора кафедры общей физики ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова» и доктора физико-математических наук, Кутуева Руслана Азаевича, проректора по общим вопросам, профессора кафедры общей физики ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова» замечания отсутствуют.

В отзыве на автореферат доктора химических наук, доцента Мацкевич Натты Ивановны, ведущего научного сотрудника лаборатории термодинамики неорганических материалов ФГБУН Института неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук замечания отсутствуют.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией в областях науки, непосредственно связанных с темой диссертации. Ведущая организация является одним из лидеров в области исследования теплофизических, электрофизических, оптических и динамических свойств веществ и низкотемпературной плазмы в широком диапазоне параметров, включая экстремальные, в

ней работают специалисты, которые могут дать полноценную экспертную оценку научной и практической значимости результатов работы (д.ф.-м.н. Кобзев Г.А., д.ф.-м.н. Левашов П.Р., д.т.н. Савватимский А.И., д.ф.-м.н. Шейндлин М.А., к.ф.-м.н. Хищенко К.В. и др.). Официальные оппоненты д.ф.-м.н. Сидоров В.Е. и к.ф.-м.н. Быков В.А. являются признанными специалистами в области исследования теплофизических и электрофизических свойств веществ, что подтверждается наличием у них публикаций ряда научных работ в данных областях исследований, в том числе соответствующих тематике диссертационного исследования соискателя.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований, получены новые экспериментальные данные по энтальпии и теплоемкости сплавов Li–Pb, Na–Pb, K–Pb, Cs–Pb, Rb–Bi, Cs–Bi в интервале температур от ликвидуса до 1025–1175 К. Для ряда сплавов также получены данные для твердого состояния и определены изменения калорических свойств при структурных переходах и плавлении. Значительная часть данных была получена впервые, и они остаются единственными, другие существенно уточняют существующие в литературе результаты исследований. Впервые на основании прямых измерений калорических свойств экспериментально определены концентрационные зависимости теплоемкости жидких систем Li–Pb, Na–Pb, K–Pb, Cs–Pb, Rb–Bi, Cs–Bi, а также концентрационные зависимости энтальпии смешения жидких систем Rb–Bi и Cs–Bi. Уточнены температуры ликвидуса для исследованных расплавов систем щелочных металлов со свинцом и висмутом. Впервые экспериментально обнаружены максимумы на концентрационных зависимостях теплоемкости жидких систем Cs–Pb, Rb–Bi и Cs–Bi, а также минимумы на концентрационных зависимостях энтальпии смешения жидких систем Rb–Bi и Cs–Bi. Впервые непосредственными измерениями калорических свойств жидких сплавов Li–Pb, Na–Pb и K–Pb подтверждено наличие максимумов на концентрационных зависимостях теплоемкости данных жидких систем. Показано согласование полученных результатов с современными представлениями о структуре ионно-металлических расплавов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что проведенные в работе анализ и обобщение собственных и литературных данных по калорическим свойствам сплавов Li–Pb, Na–Pb, K–Pb, Cs–Pb, Rb–Bi, Cs–Bi, построенные температурные и концентрационные зависимости исследованных свойств, обнаруженные особенности в их поведении и установленные между ними корреляции являются основой для дальнейшего развития теории ионно-металлических расплавов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные в ходе исследований таблицы рекомендуемых данных по калорическим свойствам металлов и сплавов (имеющих перспективы использования в качестве жидкометаллических теплоносителей) могут лечь в основу современных отечественных баз данных для использования в организациях атомной отрасли. Надежные систематизированные данные по калорическим свойствам исследованных металлов и сплавов могут быть использованы для разработки и оптимизации технологий производства данных материалов. Модифицированная методика измерений энтальпии материалов методом смешения (утвержденная, как методика ГСССД МЭ 282-2025) может быть использована в научных и метрологических организациях для расширения возможностей экспериментальных исследований и повышения точности получаемых данных.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность полученных в работе результатов обеспечивается использованием надежной и апробированной экспериментальной установки и методики, высокоточных измерительных приборов, чистотой исследуемых металлов, процедурой подготовки образцов, детальным анализом погрешностей измерений, поверкой калориметра и методики на эталонном материале, воспроизводимостью результатов экспериментов, а также их сопоставлением с литературными данными.

Личный вклад соискателя состоит в подготовке и проведении экспериментальных исследований инкремента энтальпии и теплоемкости сплавов систем Li–Pb, Na–Pb, K–Pb, Cs–Pb, Rb–Bi, Cs–Bi, а также чистых свинца и лития. Обработка и анализ данных, полученных в этих исследованиях, проведены соискателем лично. Постановка задачи, обобщение и интерпретация результатов работы, а также подготовка статей для публикации в рецензируемых журналах выполнены соискателем совместно с научным руководителем д.ф.-м.н. С.В. Станкусом.

Диссертационным советом 24.1.129.01 сделан вывод о том, что диссертация Хайрулина Андрея Рашидовича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научная задача получения новых прецизионных экспериментальных данных по энтальпии и теплоемкости твердых и жидких сплавов систем щелочных металлов со свинцом и висмутом в широких интервалах температур и концентраций, а также установления закономерностей изменения свойств расплавов от их состава, имеющая существенное значение для развития теории ионно-металлических расплавов. Представленная диссертационная работа соответствует критериям п. 9

Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013.

На заседании 16 сентября 2026 года диссертационный совет 24.1.129.01 принял решение присудить Хайрулину Андрею Рашидовичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 7 докторов физико-математических наук по профилю специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали за присуждение ученой степени – 21, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

16 сентября 2026 года

Председатель
диссертационного совета
д.ф.-м.н., академик РАН

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.ф.-м.н., профессор РАН




С.В. Алексеенко


В.В. Терехов