«УТВЕРЖДАЮ»

директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, академик, д.х.н., В.К. Иванов

_____

(подпись)

«1» октября 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

секции «Физическая химия»
Учёного совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН)

Диссертация «Фазовые равновесия и термодинамические свойства фаз в системах, образованных Fe, Co и RE (RE = Sm, Tb, Ho)» выполнена на кафедре физической химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и в НИЦ «Термохимия материалов» НИТУ МИСИС.

В период подготовки диссертации Баженова Ирина Александровна обучалась в очной аспирантуре факультета Экотехнологий и инжиниринга в НИЦ «Термохимия материалов» НИТУ МИСИС с 01.09.2016 г. по 30.06.2020 г по специальности 22.06.01 – Технологии материалов. В настоящее время соискатель работает в лаборатории химической термодинамики химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в должности ведущего инженера.

Научный руководитель – доктор химических наук, Хван Александра Вячеславовна, и. о. зав. НИЛ химической термодинамики кафедры физической химии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Оценка выполненной соискателем работы.

Диссертационная работа Баженовой Ирины Александровны носит фундаментальный характер с перспективой последующего практического использования полученных результатов. Работа посвящена экспериментальному исследованию фазовых равновесий и термодинамических свойств фаз в системах переходных (ПМ, Me) и редкоземельных (РЗМ, RE) металлов, а также определению стандартных энтальпий образования интерметаллидов. Объектами исследования настоящей работы являются: двойные системы Tb-Co, Sm-Co, Sm-Fe, Ho-Fe и тройные системы Tb-Fe-Co и Sm-Fe-Co. Выбор этих систем обусловлен перспективностью применений сплавов данных систем для

практического применения для разработки материалов с высокими магнитными свойствами и недостаточностью информации об условиях стабильности фаз в данных системах.

По результатам проведенных исследований с использованием комплекса экспериментальных методов (СЭМ/МРСА, РФА, ДТА, калориметрии сброса и растворения) был получен объемный массив новых экспериментальных данных о фазовых равновесиях и физико-химических свойствах в системах Tb-Fe-Co, Sm-Fe-Co и Fe-Ho. Анализ полученных экспериментальных данных позволил получить проекции ликвидуса и солидуса, диаграммы плавкости, изотермические сечения во всем диапазоне концентраций, политермические (вертикальные) сечения в широком интервале температур, последовательности протекающих процессов (схемы реакций Шайля). Данные для энтальпий образования соединений Ho_2Co_{17}, Er_2Co_{17}, Tb_2Co_7 и $HoFe_3$, а также уточненное значение для Tb_2Co_{17} при 298.15 К позволили исследовать закономерности изменения энтальпий образования в ряду лантаноидов.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации.
Личное участие соискателя состоит в анализе литературных данных по теме диссертации; планировании исследований, непосредственном проведении работ по синтезу образцов методами дуговой плавки и отжигов в трубчатой печи, экспериментальному изучению фазовых равновесий и фазовых превращений, определению энтальпий образования интерметаллидов методами калориметрии сброса и растворения , обработке и интерпретации данных полученных,методами СЭМ/МРСА, РФА, ДТА, анализе результатов исследований с последующим оформлением их в виде публикаций.

Степень достоверности результатов проведенных соискателем исследований, их апробация.
Достоверность результатов проведенных исследований и обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации подтверждена использованием апробированных методов получения сплавов, современных методов исследования состава, морфологии и структуры полученных образцов (РСА и РФА, металлография с использованием оптической микроскопии и сканирующей электронной микроскопии, микрорентгеноспектральный анализ). Достоверность работы также обеспечивается использованием современного экспериментального оборудования и проведением серий параллельных экспериментов с получением сходящихся результатов, калибровки приборов с применением рекомендованных стандартов, обработкой экспериментальных данных с использованием стандартного и современного программного обеспечения. Результаты работы прошли профессиональную экспертизу и опубликованы в международных рецензируемых журналах.

Новизна, теоретическая и практическая значимость работы.
В диссертационной работе впервые:

- экспериментально во всем диапазоне составов исследована фазовая диаграмма двухкомпонентной системы Tb-Co, подтверждено существование восьми интерметаллических соединений Tb_2Co_{17}, $TbCo_5$, Tb_2Co_7, $TbCo_3$, $TbCo_2$, Tb_4Co_3, $Tb_{12}Co_7$ и Tb_3Co; установлены тип и параметры реакций, протекающих в системе;
- построены проекции ликвидуса и солидуса, диаграмма плавкости, изотермические сечения при 1200 и 1000 °С системы Tb-Fe-Co во всем диапазоне концентраций, а также политермические (вертикальные) сечения диаграммы с

содержанием тербия 20, 30 и 40 ат.% Tb, предложена последовательность протекающих процессов (схемы реакций);

- установлено, что соединения $Tb_2(Fe,Co)_{17}$, $Tb(Fe,Co)_3$ и $Tb(Fe,Co)_2$ образуют непрерывные ряды твердых растворов, при этом соединения $TbCo_5$ и Tb_2Co_7 имеют самые широкие области гомогенности среди двойных фаз, а области гомогенности остальных фаз значительно уже;
- исследована область с высоким содержанием самария в системе Sm-Fe;
- методом калориметрии сброса и растворения экспериментально определены значения стандартных энтальпий образования $Ho_{1.88}Co_{17.12}$, $Er_{1.75}Co_{17.25}$, Tb_2Co_7 и $HoFe_3$ при 298.15 К (25 °С).

Также в работе уточнены результате проведенных исследований уточнены диаграммы состояния двухкомпонентных систем Sm-Co, Sm-Fe и Ho-Fe; построены уточненные проекции ликвидуса и солидуса, диаграмма плавкости, изотермическое сечение при 1000 °С и предложена схема реакций в системе Sm-Fe-CoУточнено значение стандартной энтальпии образования соединения Tb_2Co_{17} при 298.15 К.
Результаты комплексных исследований фазовых равновесий и термодинамических свойств систем образованных Fe, Co и RE (RE = Sm, Tb, Ho) могут быть использованы для оптимизации составов и технологических процессов получения магнитных материалов с заданными характеристиками.

Ценность научных работ соискателя в установлении параметров фазовых превращений, условий фазовых равновесий и термодинамических свойств интерметаллидов систем Sm-Fe-Co, Tb-Fe-Co, а также некоторых образующих их подсистем и системы Fe-Ho, которые требуются для оценки условий получения и прогноза стабильности металлических сплавов заданного состава и структуры. Совокупность полученных данных может быть использована для выбора оптимального содержания основных и легирующих компонентов и условий термообработки материалов, а также могут быть предложены методы синтеза однофазных поликристаллических и монокристаллических материалов.

Научная специальность, которой соответствует диссертация. Диссертационная работа Баженовой Ирины Александровна соответствует паспорту научной специальности 1.4.4. «Физическая химия» (отрасль наук – химические), в пунктах:

П.2. Экспериментальное определение термодинамических свойств веществ, расчет термодинамических функций простых и сложных систем, в том числе на основе методов статистической термодинамики, изучение термодинамических аспектов фазовых превращений и фазовых переходов.
П.12. Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.
Основные положения работы изложены в 7 научных работах автора в том числе 4 публикациях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России для публикации результатов диссертаций.
Статьи в рецензируемых научных изданиях:

1. Bajenova, J. Shakirova, A. Khvan, V. Cheverikin, E. Zanaeva. Experimental investigation of the phase equilibria in the Tb-Co and Tb-Co-Fe systems and magnetic

properties of phases // Materials Today Communications. 2022. Vol. 32. P. 103960. https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.103960

2. Fartushna, I. Bajenova, J. Shakirova, A. Khvan, V. Cheverikin, E. Zanaeva,A. Kondratiev. Experimental investigation of the phase equilibria in Co–Fe-Sm system with special attention to the effect of Fe substitution in structure and magnetic properties of intermetallic phases// Intermetallic. 2022. Vol. 143.P. 107502. https://doi.org/10.1016/j.intermet.2022.107502,
3. I.A. Bajenova, E.V. Gvozdeva, A.V. Khvan, V.V. Cheverikin. An experimental investigation of the formation enthalpies of intermetallic phases in the TM(Co,Fe)-REM(Tb,Ho,Er) systems// Thermochimica Acta. 2023. Vol. 729.P. 179606. https://doi.org/10.1016/j.tca.2023.179606,
4. Bajenova, J. Shakirova, A. Khvan, V. Cheverikin Experimental Investigation of Phase Equilibria in Fe–Ho System Russian Journal of Physical Chemistry A, 2022, Vol. 96, No. 12, P. 2591–2597. https://doi.org/10.1134/S0036024422120056,

Тезисы конференций:

1. J. Shakirova, **I. Bajenova,** I. Fartushna, A. Khvan, V. Cheverikin, E. Zanaeva, Experimental Study Of The Phase Equilibria in The Tb-Co and Tb-Co-Fe Systems,:XXIII International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia, 22-27 августа 2022 год, Казань, Россия.
2. Гвоздева Е.В., **Баженова И.А.,** Хван А.В., Чеверикин В.В. An experimental investigation of the formation enthalpy of intermetallic phases in the TM(Co, Fe)–REM(Ho, Tb) systems, Международный молодежный научный форум «ЛОМОНОСОВ-2023», 10-23 апреля 2023, Мөсква, Россия.
3. **Баженова И.А.**, Хван А.В., Чеверикин В.В., "Экспериментальное исследование фазовых равновесий в системе Co-Fe-Tb" XIX Российская ежегодная конференция молодых научных сотрудников и аспирантов Физико-химия и технология неорганических материалов , 18-21 октября 2022, Москва, Россия.

Таким образом, диссертация Баженовой И.А. является научно-квалификационной работой, в которой решены важные задачи для физической химии – установлены закономерности в изменении характера фазовых равновесий при кристаллизации в системах Sm-Fe-Co, Tb-Fe-Co, а также некоторых образующих их подсистем и системы Fe-Ho) в широкой области температур и концентраций. Также соискателем были получены новые экспериментальные данные по энтальпиям образования интерметаллидов из указанных систем, позволивших исследовать закономерности изменения энтальпий образования в ряду лантаноидов.

Диссертационная работа Баженовой Ирины Александровны «Фазовые равновесия и термодинамические свойства фаз в системах, образованных Fe, Co и RE (RE = Sm, Tb, Ho)» на соискание ученой степени кандидата химических наук полностью соответствует требованиям пп. 2.1-2.5 Положение о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН) от 29 марта 2024 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата/доктора наук.

По результатам заседания секции «Физическая химия» Учёного совета ИОНХ РАН постановили:

1. Утвердить положительное заключение секции «Физическая химия» по диссертации Баженовой Ирины Александровны «Фазовые равновесия и термодинамические свойства фаз в системах, образованных Fe, Co и RE (RE = Sm, Tb, Ho)» на соискание ученой степени кандидата химических наук.
2. Рекомендовать диссертацию «Фазовые равновесия и термодинамические свойства фаз в системах, образованных Fe, Co и RE (RE = Sm, Tb, Ho)» к защите по специальности 1.4.4. Физическая химия (Химические науки) на диссертационном совете 01.4.004.93.
3. Назначить в качестве научного руководителя доктора химических наук, доцента Хван Александру Вячеславовну, доктора химических наук, и. о. зав. НИЛ химической термодинамики кафедры физической химии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» с её письменного согласия.
4. Рекомендовать в качестве официальных оппонентов:

доктора химических наук, Черепанова Владимира Александровича, главного научного сотрудника отдела химического материаловедения, профессора кафедры физической и неорганической химии, «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

кандидата химических наук, Семерикову Анну Николаевну, Лаборатория термодинамики неорганических материалов Институт неорганической химии имени А.В. Николаева ИНХ СО РАН

5. Рекомендовать в качестве ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук

Заключение принято на заседании секции «Физическая химия» Учёного совета ИОНХ РАН 1 октября 2025 г. (протокол № 21). Присутствовало на заседании 18 человек, в том числе: членов секции «Физическая химия» - 9, докторов химических наук – 6, кандидатов химических наук – 3.

Результаты голосования: «**за**» - 9 человек, «**против**» - **0** человек, «**воздержалось**» - **0** человек.

Председатель секции «Физическая химия»
Учёного совета, академик РАН А.Б. Ярославцев

Учёный секретарь секции
«Физическая химия» Учёного совета, к.х.н. А.А. Лысова