

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.03, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17.12.2025 № 61

О присуждении Михайлову Дмитрию Вячеславовичу, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Физико-химические основы синтеза, структура и свойства
высокоэнтропийных интерметаллических соединений» по специальности
1.4.4. Физическая химия принята к защите 8 октября 2025 г., протокол №61П,
диссертационным советом 24.2.437.03, созданным на базе федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)» Министерства науки и
высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр. им.
В.И. Ленина, 76, приказ № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель, Михайлов Дмитрий Вячеславович, «20» апреля 1997 года
рождения, в 2019 г. окончил федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский
государственный университет (национальный исследовательский
университет)» по специальности 22.03.01 «Материаловедение и технологии
материалов». В 2021 г. окончил федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский
государственный университет (национальный исследовательский
университет)» по специальности 22.04.02 «Металлургия». В период с 2021 по
2025 гг. обучался в очной аспирантуре федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-
Уральский государственный университет (национальный исследовательский
университет)» по направлению 22.06.01 «Технология материалов».

В настоящее время соискатель работает на должностях инженера и
преподавателя кафедры материаловедения и физико-химии материалов
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)» Министерства науки и
высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре материаловедения и физико-химии материалов в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор химических наук, доцент Трофимов Евгений Алексеевич, профессор кафедры материаловедения и физико-химии материалов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Чикова Ольга Анатольевна, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры физики института фундаментального образования, федеральное государственное автономное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»;

Русанов Борис Андреевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики, технологии и методики обучения физике и технологии, старший научный сотрудник научно-образовательного центра «Расплав», федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный педагогический университет»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном Романом Евгеньевичем Рыльцевым, доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником лаборатории неупорядоченных систем, заместителем директора по научной работе и утвержденном директором Института металлургии Уральского отделения Российской академии наук, академиком РАН, доктором физико-математических наук, профессором Ремпелем Андреем Андреевичем, указала, что диссертация Михайлова Дмитрия Вячеславовича представляет собой законченную научно-квалификационную работу. По актуальности решаемых задач, научной новизне и практической значимости основных результатов и выводов диссертация полностью соответствует паспорту специальности 1.4.4. Физическая химия, а также требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением

Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Михайлов Дмитрий Вячеславович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Соискатель имеет 41 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 11 работ. В диссертацию включены результаты, полученные автором лично, авторский вклад в публикации составляет 25 стр. (1,56 п.л.). В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1. Trofimov, E. Synthesis and characterization of intermetallic compounds with one medium- or high-entropy sublattice occupied by p-block elements / E. Trofimov, A. Ostovari Moghaddam, O. Zaitseva, R. Fereidonnejad, M. Naseri, N. Shaburova, D. Mikhailov // *Materials Chemistry and Physics*. – 2023. – V. 301. – 127596. (10 с. / 4 с.) [Web of Science, Scopus Q1]

2. Trofimov, E. Microsegregation in high-entropy intermetallic compounds / E. Trofimov, A. Ostovari Moghaddam, K. Litvinyuk, D. Mikhailov // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2023. – V. 934. – 168021. (12 с. / 4 с.) [Web of Science, Scopus Q1]

3. Ostovari Moghaddam, A. Synthesis and characterization of novel high entropy Heusler intermetallics / A. Ostovari Moghaddam, R. Fereidonnejad, M. Naseri, N. Shaburova, D. Mikhailov, S. A. Uporov, E. Trofimov // *Intermetallics*. – 2023. – V. 159. – 107917. (10 с. / 2 с.) [Web of Science, Scopus Q1]

4. Ostovari Moghaddam, A. Segregation mediated design of single-phase refractory medium and high entropy intermetallic compounds with complete suppression of pest oxidation / A. Ostovari Moghaddam, D. Mikhailov, M. Sudarikov, R. Fereidonnejad, A. Cabot, E. Trofimov // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2022. – V. 927. – 167102. (13 с. / 4 с.) [Web of Science, Scopus Q1]

5. Ostovari Moghaddam, A. Phase formation, microhardness and magnetic properties of FeNiCrV-TiNb, (NiCoFeCuMn)₃(AlTi) and (FeNiCoCrMn)(MoCr) high entropy intermetallic compounds / A. Ostovari Moghaddam, D. Mikhailov, R. Fereidonnejad, N. Shaburova, D. Vinnik, D. Uchaev, Fu-Quan Bai, D. Janas, E. Trofimov // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2022. – V. 912. – 165195. (8 с. / 1 с.) [Web of Science, Scopus Q1]

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1) Ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии имени академика Н.А. Ватолина

Уральского отделения Российской академии наук (ИМЕТ УрО РАН). Замечания и вопросы: 1. В диссертационной работе предлагается количественный критерий для прогнозирования составов однофазных многокомпонентных интерметаллических соединений, учитывающий дисперсию атомных радиусов и электроотрицательности элементов. При этом используются значения электроотрицательности по шкале Полинга, точность которой ограничена и не позволяет учесть тонкие вариации среди всего множества рассматриваемых элементов. В связи с этим возникает ряд вопросов относительно данного критерия: чем был мотивирован выбор шкалы Полинга для оценки стабильности новых соединений? Проводил ли диссертант сравнительный анализ различных шкал электроотрицательности? 2. В главе 5 «Свойства высокоэнтропийных интерметаллидов», в параграфе 5.2 «Коррозионная стойкость» для полученных соединений фактически было изучено только высокотемпературное окисление, т.н. пест-окисление. Однако последующие выводы, опирающиеся на результаты проведенных окислительных тестов, вводят в некоторое заблуждение. В частности, в формулировке положения 5, выносимого на защиту указано, что изученные ВЭИС могут быть использованы «в качестве материалов для коррозионных покрытий». Как известно, понятие «коррозионная стойкость» характеризует стойкость материалов к широкому спектру агрессивных факторов (влаги, химикатов, температуры и т.д.). Поскольку в диссертационном исследовании автором рассматривались вопросы только относительно окислительной стойкости соединений, следовательно, необходимо более четко обозначить качественные характеристики новых материалов и соответствующие области для их потенциального применения. 3. Формулировка защищаемого положения 5 является чрезмерно обобщённой; в ней отсутствует детализация перспектив применения разработанных автором ВЭИС. В частности, диссертант утверждает, что ВЭИС перспективны в качестве конструкционных и функциональных материалов. Однако возникают вопросы: какие именно соединения или классы соединений представляют интерес, в силу каких специфических характеристик, а также в каких именно областях новые материалы имеют потенциал для применения?

2) Официального оппонента Чиковой Ольги Анатольевны, доктора физико-математических наук, доцента, профессора кафедры физики, института фундаментального образования федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Замечания и вопросы: 1. В чем специфика подходов к синтезу различных ВЭИС? Как

можно оценить ΔS_{conf} многокомпонентных подрешеток? Влияет ли ΔS_{conf} на стабилизацию ВЭИС? 2. В главах 3-5 представлены результаты изучения фазового состава, микроструктуры и свойств ВЭИС. Каким образом проводился отбор образцов для металлографического исследования? Какой ГОСТ использовался при проведении измерений микротвердости? Сколько «образцов на точку» исследовано? 3. Какова специфика определения фазового состава ВЭИС методом РФА? Идентификация фаз выполнена по каким базам данных, с помощью какого ПО, т.е. каким методом? 4. Опишите условия кристаллизации литых образцов: укажите массу образца, температурный градиент в тигле, режим охлаждения, оцените скорость движения фронта кристаллизации. 5. Какова связь химического состава, степени упорядоченности и микроструктуры ВЭИС с величинами намагниченности насыщения, коэрцитивной силы и характером магнитного упорядочения?

3) Официального оппонента Русанова Бориса Андреевича кандидата физико-математических наук, доцента кафедры физики, технологии и методики обучения физике и технологии, старшего научного сотрудника научно-образовательного центра «Расплав», федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный педагогический университет». Замечания и вопросы: 1. Стр. 8, п. 3: «Разработаны новые варианты методик синтеза высокоэнтропийных интерметаллидов, позволяющие получать достаточно чистые образцы». Что диссертант понимает под «достаточной» чистотой образцов? 2. Стр. 10: «Разработаны составы ВЭИС с улучшенными механическими свойствами, включая высокую твердость, прочность и износостойкость, что делает их перспективными для применения в качестве конструкционных материалов. Созданы рефракторные ВЭИС с улучшенной окислительной стойкостью, которые могут работать при высоких температурах без деградации свойств». Не ясно, что означает сравнение, приведённое в данном фрагменте текста. Улучшенные свойства по сравнению с какими значениями? С чем проводилось сравнение значений свойств? 3. В параграфе 1.4. описаны исключительно механические свойства высокоэнтропийных материалов, а функциональным характеристикам посвящено менее 1 страницы текста. Что диссертант может сказать о других свойствах высокоэнтропийных систем? 4. п. 2.1.1.: При какой температуре и в какой атмосфере проводилось индукционное плавление? 5. п. 2.1.3.: Вакуумировался ли тигель с образцом? В какой атмосфере проводилась подготовка образцов? 6. В завершении Главы 1 практически отсутствует

постановка задачи исследования. Видно, что выводы, сформулированные диссертантом, косвенно указывают на пробелы в рассматриваемой области научного исследования, однако более конкретная формулировка задачи исследования, на решение которой оно направлено, позволило бы значительно повысить качество проведённого литературного обзора. 7. Несмотря на то, что основа диссертационного исследования – экспериментальная работа с образцами и научным оборудованием, описание методов исследований, приведённых в Главе 2 является малоинформативным. В ряде случаев отсутствуют важные методические характеристики проведённых экспериментов, которые могут существенно повлиять на дальнейшую воспроизводимость полученных в диссертации результатов. Например, параметры рентгеновского дифрактометра (ускоряющее напряжение, сила тока), методика подготовки образцов к исследованиям на сканирующем электронном микроскопе, а также особенности проведения опытов по дифференциальной сканирующей калориметрии (материал тиглей, скорость потока инертного газа). 8. Положение №3, вынесенное на защиту, представляется весьма оптимистичным в тексте диссертационного исследования. Для того, чтобы утверждать о том, что разработанный критерий позволяет прогнозировать составы систем, образующих высокоэнтропийные интерметаллиды, требуется проведение серьёзной аналитической работы и статистической оценки для более широкого набора объектов, которые практически не проведены. 9. Параграф 5.4.: Представленный текст и рисунки свидетельствуют о недостаточной обработке данных дифференциальной сканирующей калориметрии. Так, утверждение о том, что термограмма нагрева на рис. 5.7 (А) не характеризуется никакими экзо- и эндо-реакциями может быть сделано только на основе дополнительного анализа производных теплового потока. Наряду с этим, определение температуры плавления на рис. 5.8 (Б) представляется некорректным. Температура плавления, как правило, определяется по экзотермической реакции при охлаждении (ступенчатый рост теплового потока), а не при нагреве, как показано на рисунке. 10. В тексте диссертации встречаются синтаксические и пунктуационные ошибки, в некоторых местах текста пропущены слова.

4) Буравлева Игоря Юрьевича, кандидата химических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории ядерных технологий Департамента ядерных технологий «Институт наукоемких технологий и передовых материалов», доцента Департамента промышленной безопасности Политехнического института (Школы) «Дальневосточный федеральный

университет». Замечания и вопросы: 1. Описанная методика постепенного нагрева для предотвращения выкипания цинка при синтезе $(\text{NiCoFeCuMn})\text{Zn}_3$ является оригинальной и эффективной, однако остается открытым вопрос о воспроизводимости результатов при масштабировании процесса. 2. В работе представлены данные по микротвердости синтезированных материалов, однако отсутствует информация о макромеханических свойствах, таких как прочность на сжатие и растяжение, модуль Юнга и трещиностойкость.

5) Скачкова Владимира Михайловича, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника лаборатории химии гетерогенных процессов «Институт химии твердого тела» УрО РАН. Замечания и вопросы отсутствуют.

6) Камаева Дмитрия Николаевича, кандидата химических наук, доцента кафедры физической и прикладной химии ФГОУ ВО «Курганский государственный университет». Замечания и вопросы: 1. На странице 10 не обозначены условия охлаждения исследуемых образцов после выплавки. 2. Не отмечено влияния скорости охлаждения на формирование фазового состава. 3. Не указаны принципы и критерии, по которым осуществлялся отбор исследуемых составов из всего многообразия возможных высокоэнтропийных интерметаллических систем.

7) Фесик Елены Валерьевны, кандидата химических наук, доцента, доцента кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева». Замечания и вопросы: 1. Недостатком материала, изложенного в автореферате, является то, что в положениях, выносящихся на защиту, а также в выводах автор работы говорит о механизме, предложенном для описания «возникновения явления микросегрегации элементов в структуре», но в тексте автореферата ограничивается только результатами моделирования сегрегации элементов и расчетом состава твердой фазы, хорошо согласующимися по Cu и Co (с. 16). Вероятно, что автор имеет ввиду все-таки модель процесса микросегрегации элементов в структуре, а не механизм ее возникновения. Кроме того, автор отмечает «подобранны методики детонационного напыления плотных покрытий на основе ВЭИС с высокой адгезией и микротвердостью», однако в автореферате об этом не упоминается.

8) Салищева Геннадия Алексеевича, доктора технических наук, профессора, заведующего лабораторией «Объемные наноструктурные материалы» ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет». Замечания и вопросы: 1. На рис.6 и 7

приведены данные о структуре сплава (CoCuFeMnNi)Al. Автор утверждает, что структура сплава однофазная. Между тем внимательное рассмотрение данных СЭМ и ЭДС показывает присутствие явно не одной фазы, даже, как автор заявляет, после лучшего режима отжига. Достаточно четко видно цветовое различие между разными фазами, обогащенными разными элементами. При этом дифрактограммы действительно показывают наличие только одной фазы В2. С чем это связано? 2. Данные по отжигу этого сплава вызывают определенное смущение. Выбор температуры гомогенизации 600°C никак не мотивируется. Для сплава температура плавления, которого не меньше 1300-1500°C трудно ли это обосновать, диффузия очевидно замедлена. Почему нельзя было провести небольшой эксперимент по отжигу образцов сплава при разных температурах и на основании этого выбрать температуру гомогенизации?

9) Голубчика Эдуарда Михайловича, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры Обработки материалов давлением ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Замечания и вопросы: 1. В автореферате не представлено описание комплексной методологии исследования высокоэнтропийных интерметаллических соединений, которой посвящена вторая глава диссертации.

10) Никитиной Евгении Валерьевны, кандидата химических наук, доцента, научного сотрудника лаборатории пирохимических процессов и электрохимических технологий, Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН. Замечания и вопросы: 1. Описываемая автором проблема, возникающая при синтезе цинксодержащего ВЭИС, решается постепенным нагревом в закрытой графитовой системе, из автореферата непонятно, что представляет из себя эта закрытая графитовая система и влияла ли она на качество синтезируемых материалов? (ст. 8-10). 2. В какой атмосфере происходил синтез ВЭИС? 3. Чем можно объяснить неоднородность ВЭИС $\text{Cu}_3(\text{InSnSbGeSi})$ на рисунке 4(г) относительно других относительно чистых однофазных образцов представленных на рисунке 4 (а), (б), (в), (г)? (ст.12).

Выбор официальных оппонентов обосновывается наличием у оппонентов публикаций по теме диссертационного исследования, высоким уровнем компетентности в области исследований структуры и свойств высокоэнтропийных фаз, и способностью определить научную новизну и практическую ценность диссертации. Выбор ведущей организации обосновывается наличием компетентных специалистов, а также тем, что

основные направления научно-исследовательской деятельности соответствует тематике диссертации Михайлова Дмитрия Вячеславовича, что подтверждается публикациями.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны методики получения образцов высокоэнтропийных интерметаллических соединений различных составов с контролируемой микроструктурой, позволяющие синтезировать однофазные системы, перспективные для изучения их механических и функциональных свойств;

синтезированы и охарактеризованы новые составы высокоэнтропийных интерметаллических соединений, включая системы с многокомпонентными подрешётками на основе р-элементов, в том числе относящиеся к новым структурным типам;

предложены критерии стабильности высокоэнтропийных интерметаллических соединений на основе анализа разности электроотрицательности элементов и отношения атомных радиусов с учётом бинарных прототипов структур, использование которых позволяет прогнозировать образование целевых структур и обоснованно подбирать новые составы;

впервые проведено сопоставление результатов термодинамического моделирования с экспериментальными данными рентгенофазового анализа и электронной микроскопии для ряда новых составов и доказана применимость расчётного подхода для прогнозирования состава однофазных твердых растворов на основе интерметаллических соединений;

установлены закономерности влияния состава и параметров синтеза на фазовый состав и микроструктуру высокоэнтропийных интерметаллических соединений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что методы расплавного синтеза с последующей высокотемпературной обработкой позволяют синтезировать однофазные образцы новых высокоэнтропийных интерметаллических соединений с упорядоченными структурами различных типов;

применительно к проблематике диссертации эффективно использованы известные ранее методики расплавного синтеза, адаптированные для получения образцов высокоэнтропийных интерметаллических соединений, а также стандартные методы физико-химического анализа; для обобщения результатов экспериментальных исследований использованы современные методы термодинамического моделирования;

изучено влияние состава и режимов охлаждения на микросегрегацию элементов и фазовый состав полученных однофазных образцов; а также влияние на стабилизацию высокоэнтропийных интерметаллических соединений таких факторов, как разность в электроотрицательности элементов, отношение атомных радиусов и кристаллохимические параметры бинарных систем-прототипов.

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

определены оптимальные параметры синтеза однофазных образцов высокоэнтропийных интерметаллических соединений различных структурных типов;

разработан количественный критерий стабильности высокоэнтропийных интерметаллических соединений, основанный на анализе электроотрицательности элементов, атомных радиусов и кристаллохимических параметров бинарных прототипов структур, позволяющий прогнозировать образование новых составов ВЭИС;

продемонстрирована возможность целенаправленного управления фазовым составом и микроструктурой путём выбора состава и режимов термической обработки, что позволяет получать материалы с заданным набором механических, коррозионных и магнитных свойств;

синтезированы новые составы ВЭИС с перспективными характеристиками для применения в качестве конструкционных и функциональных материалов, в частности высокоэнтропийные интерметаллиды со структурой сплавов Гейслера для применения в магнитных устройствах и сенсорах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

достоверность полученных результатов обеспечивается применением современных методов и оборудования для оценки состава, структуры и свойств экспериментальных образцов;

теория (представленные выводы теоретического характера) согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на обобщении современного опыта теории и практики ведущих зарубежных и российских исследований в области разработки высокоэнтропийных материалов;

использованы сравнения данных, полученных в диссертационной работе, и имеющихся в литературе данных о составе и структуре высокоэнтропийных интерметаллидов;

установлено соответствие результатов, полученных в данной диссертационной работе, представленным сведениям в известных работах других авторов.

Личный вклад соискателя состоит в поиске и анализе данных, представленных в литературных источниках, создании и апробации методик синтеза новых систем, выполнении подавляющей части экспериментальных работ по синтезу образцов, обработке экспериментальных данных и их обобщении, разработке критериев оценки стабильности высокоэнтропийных интерметаллических соединений, выполнении работ по термодинамическому моделированию, формулировке выводов, апробации результатов на конференциях. Подготовка публикаций проводилась совместно с научным руководителем и другими соавторами.

Диссертация охватывает весь комплекс сформулированных научных задач для достижения поставленной цели и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, основной идейной линии, и взаимосвязи выводов с целью и задачами работы. По своему содержанию диссертация отвечает следующим положениям паспорта специальности 1.4.4. Физическая химия:

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. 9. – Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями протекания химической реакции.

п. 12. – Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания и вопросы:

1. На 13-м слайде вы приводите критерии. Но ведь расчет разности электроотрицательности и атомных радиусов — это общеизвестные вещи. Хотелось бы понять, а что здесь вашего? Неужели никто до вас этого не рассчитывал?

2. На основании каких экспериментальных данных вы классифицируете полученные материалы именно как высокоэнтропийные интерметаллиды? В докладе не прозвучало убедительных доказательств того, что синтезированные соединения действительно соответствуют критериям этого класса материалов. Не является ли использование данного термина в данном случае преждевременным или необоснованным?

3. В таблице на слайде 8 у вас написано фаза Лавеса и σ -фаза. У меня сразу же возникает такая ассоциация, как будто бы ваш материал представляет собой смесь фаз. И это одна из составляющих в этом материале. Или это какой-то именно термин, который используется по отношению прямо к самому материалу?

Соискатель Михайлов Д.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел свою аргументацию:

1. В классическом понимании для высокоэнтروпийных сплавов расчет идет на средние значения, то есть каждый элемент может взаимно заменять друг друга в объеме всего состава. В нашем случае мы считаем, что атомы могут взаимно заменять друг друга в рамках только своей собственной подрешетки. Ранее данное направление не получало широкого развития, поэтому и не возникало задачи по созданию отдельных критериев. В нашей работе, благодаря большому объему полученных данных по новым составам, эта необходимость стала очевидной, что и привело к разработке предложенного подхода.

2. Словосочетание «высокоэнтропийные» — это исторический термин, который использовался раньше, потому что полагалось, что именно высокая энтропия смешения позволяет стабилизировать состав, высокоэнтропийный состав. Сейчас этот термин уже неподходящий, но исторически так сложилось, что используют именно его. И есть некоторые другие термины в иностранной литературе, к сожалению, не подскажу сейчас точного названия, которые тоже параллельно существовали, но закрепились именно такая формулировка, как высокотропийные. Хотя высокой энтропии в некоторых составах, может и не быть.

3. Дело в том, что прототип, структура обозначения для этого сплава, VCrNiFe-TiNb, C14, так называемая фаза Лавеса, ну и σ -фаза, соответственно, D8_b. Иными словами, это просто названия групп, а сами составы в нашем случае однофазные.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой содержится научно обоснованное решение задачи, имеющей важное значение для развития физической химии — установление физико-химических основ синтеза, структуры и свойств высокоэнтропийных интерметаллических соединений, имеющих значение для разработки перспективных высокопрочных и жаростойких материалов для применения в экстремальных условиях эксплуатации. В целом, диссертация отвечает квалификационным требованиям, установленным в п. 9 – 14 «Положения о

присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Михайлов Дмитрий Вячеславович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

На заседании 17 декабря 2025 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития физической химии в части получения новых знаний о высокоэнтропийных интерметаллических соединениях, присудить Михайлову Д.В. учёную степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 21, против 0.

Председатель
диссертационного
совета 24.2.437.03



 Жеребцов Дмитрий Анатольевич

Ученый секретарь
диссертационного
совета 24.2.437.03

 Созыкин Сергей Анатольевич

Дата оформления заключения 17.12.2025