

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 18.06.2025 № 57

О присуждении Веселкову Сергею Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Физико-химические особенности окисления высокоэнтропийных сплавов» по специальности 1.4.4. Физическая химия принята к защите 09 апреля 2025 г., протокол №57П, 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, Веселков Сергей Николаевич, «14» ноября 1994 года рождения, в 2017 г. окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 23.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» с присвоением квалификации бакалавра. В 2019 г. окончил с отличием федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 22.04.02 «Металлургия» с присвоением квалификации магистра. В период 01.09.2019 г. по 31.08.2023 г. обучался в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по направлению 22.06.01 «Технологии материалов», и работал по совместительству инженером-технологом Группы металловедения и термообработки рельсовой стали Участка рельсовой стали и экспертизы Исследовательско-технологического отдела Департамента технического

развития Управления по операционной деятельности Публичного акционерного общества «Челябинский металлургический комбинат» (ПАО «ЧМК») в г. Челябинск.

В настоящее время работает в акционерном обществе «Научно-исследовательский институт Научно-производственное объединение «ЛУЧ» (АО «НИИ НПО «ЛУЧ») в г. Подольск, Московская область в должности ведущего инженера.

Диссертация выполнена на кафедре 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.

Научный руководитель – доктор химических наук, доцент Трофимов Евгений Алексеевич, профессор кафедры материаловедения и физико-химии материалов, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Сулицин Андрей Владимирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой литейного производства и упрочняющих технологий, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»;

Бирюков Александр Игоревич, кандидат химических наук, доцент, проректор по научной работе, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет»,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии имени академика Н.А. Ватолина Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном Романом Евгеньевичем Рыльцевым, доктором физико-математических наук, заведующим лабораторией неупорядоченных систем и утвержденном директором, академиком РАН, доктором физико-математических наук, профессором Ремпелем Андреем Андреевичем, указала, что диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком уровне. Работа написана чётким и понятным языком, содержит оригинальные научные результаты и технические решения, обладающие как фундаментальной, так и

прикладной значимостью. Содержание и оформление диссертации соответствуют требованиям, установленным Министерством науки и высшего образования Российской Федерации. Диссертация Веселкова Сергея Николаевича «Физико-химические особенности окисления высокоэнтروпийных сплавов» 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 её автор, Веселков Сергей Николаевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы. В диссертацию включены результаты, полученные автором лично, авторский вклад в публикации составляет 22,3 стр. (1,24 п.л.). В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1. High temperature oxidation resistance of W-containing high entropy alloys / A. Ostovari Moghaddam, M.V. Sudarikov, S.N. Veselkov et al. // Journal of Alloys and Compounds. – 2022. – V. 897 – 16273. (10 с. / 3 с.) [Web of Science, Scopus Q1]

2. High-Temperature Oxidation of High-Entropic Alloys: A Review / S.N. Veselkov, O.V. Samoilova, N.A. Shaburova, E.A. Trofimov // Materials. – 2021. – V. 14, №10. – 2595. (26 с. / 12 с.) [Web of Science, Scopus Q2]

3. High temperature oxidation resistance of $Al_{0.25}CoCrFeNiMn$ and $Al_{0.45}CoCrFeNiSi_{0.45}$ high entropy alloys / A. Ostovari Moghaddam, N.A. Shaburova, S.N. Veselkov et al. // Vacuum. – 2021. – V. 192. – 110412. (10 с. / 3 с.) [Web of Science, Scopus Q1]

4. High-Temperature Oxidation Behavior of $Al_xCoCrFeNiM$ ($M = Cu, Ti, V$) High-Entropy Alloys / N.A. Shaburova, A. Ostovari Moghaddam, S.N. Veselkov et al. // Physical Mesomechanics. – 2021. – V. 24, №6. – P. 653-662. (10 с. / 3 с.) [Web of Science, Scopus Q2]

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, г. Екатеринбург.

Замечания и вопросы: 1. Возникает сомнение в обоснованности включения п.1 при формулировке научной новизны работы. Обобщение, систематизация и анализ имеющейся в литературе информации об объекте исследования является необходимым этапом любой диссертационной работы и вряд ли здесь можно говорить о «научной новизне». 2. В разделе 4.1, при обсуждении результатов термодинамического моделирования процессов окисления подчёркивается, что «в большинстве случаев наблюдалось качественное соответствие экспериментально обнаруженных фаз информации о составе оксидных фаз, полученной как результат термодинамического моделирования». В каких случаях такого согласия не наблюдалось и каковы причины? 3. Согласно приведённым в работе данным, обнаружено существенное влияние химического состава сплавов на характер окисления поверхности. Насколько существенно при этом влияние микроструктуры и фазового состава? 4. Можно ли оценить стойкость изучаемых сплавов к окислению путем простых термодинамических оценок сродства к кислороду в сплав металлов? Насколько точны будут такие оценки?

2) Официального оппонента Сулицина Андрея Владимировича, доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой литейного производства и упрочняющих технологий, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Замечания и вопросы: 1. Неясно, из каких соображений назначен температурный режим индукционной плавки и охлаждения образцов высокоэнтропийных сплавов? Как по мнению автора может повлиять изменение температурного режима на процесс высокотемпературного окисления рассматриваемых сплавов? 2. Чем руководствовался автор при выборе для термодинамического моделирования программного комплекса FactSage? Можно ли использовать для моделирования другие программные продукты? 3. Для термодинамического моделирования использованы базы данных 2011-2014 гг. Насколько актуальны данные в этих базах и насколько корректно применять их при моделировании? 4. В заключении по диссертационной работе отсутствуют сведения о рекомендуемых составах высокоэнтропийных сплавов для разработки перспективных жаростойких материалов.

3) Официального оппонента Бирюкова Александра Игоревича, кандидата химических наук, доцента, проректора по научной работе ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет». Замечания и вопросы: 1. Согласно результатам автора, наиболее высокой стойкостью к окислению среди сплавов Al-Co-Cr-Fe-Ni-M обладает сплав $Al_{0,25}CoCrFeNiCu$, кинетическая кривая этого сплава сильно отличается от кинетических кривых других сплавов, при этом серьезно отличаются морфология и

структура оксидной пленки на этом сплаве. Однако в обсуждении результатов и в выводах автор уделяет мало внимания объяснению физикохимической природы влияния меди на свойства сплава. 2. В работе приводятся кинетические кривые окисления ВЭС при различных температурах. К сожалению, автор не комментирует появление характерных участков на кривых и не сравнивает кривые между собой. 3. Какие выводы можно сделать из полученных значений энергии активации окисления? 4. К сожалению, в работе не представлены результаты физико-химических исследований пленки продуктов окисления при времени экспозиции менее 10 часов. На сколько обоснован выбор 10 часов экспозиции и возможно ли в таком случае говорить о последовательности образования фаз? 5. Оказывает ли влияние соотношение площади дендритных и междендритных областей в микроструктуре сплава на его стойкость к высокотемпературному окислению? 6. В выводе №4 говорится, что «... выбраны методики и инструменты для расчета ключевых термодинамических параметров», однако об этом уже упоминалось в выводе №2.

4) Скачкова Владимира Михайловича, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника лаборатории химии гетерогенных процессов ИХТГ УрО РАН. Замечания и вопросы отсутствуют.

5) Истоминой Елены Иннокентьевны, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника лаборатории керамического материаловедения Института химии «ФИЦ Коми НЦ УрО РАН», доцента кафедры химии Института Естественных наук ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина». Замечания и вопросы: 1. В автореферате не указано, какими методами были синтезированы используемые в работе ВЭС. 2. Судя по результатам рентгеноспектрального микроанализа (рис. 5а), сплав $\text{Al}_{0.25}\text{CoCrFeNiCu}$ после окисления содержал довольно крупные выделения меди в виде отдельной фазы. Хотелось бы уточнить, насколько однофазным был этот сплав до окисления?

6) Камаева Дмитрия Николаевича, кандидата химических наук, доцента кафедры физической и прикладной химии ФГАОУ ВО «КГУ». Замечания и вопросы: 1. Из текста автореферата не совсем понятно, как были синтезированы исходные для исследования образцы. Синтезировал их автор самостоятельно, либо брал уже готовые материалы. 2. Не отражена методика экспериментального окисления исследуемых образцов. 3. Не совсем ясно, каким образом были рассчитаны константы скорости окисления образцов и значения энергии активации.

7) Русанова Бориса Андреевича, кандидата физико-математических наук, старшего преподавателя кафедры физики, технологии и методики обучения и технологии ФГАОУ ВО «УрГПУ». Замечания и вопросы: 1. Как автор может интерпретировать термин «среднеэнтропийные» сплавы (СЭС), который используется в тексте автореферата на стр. 4, 6, 7 и тд.? В чем их отличия от высокоэнтропийных сплавов (ВЭС), интерпретация которых дана актуальности работы? 2. На рис.5 (стр. 10) автореферата показаны изображения элементного картирования сплавов $Al_{0,25}CoCrFeNi-Cu$, Ti , V , на которых видно, что в сплаве с медью образуются крупные дендриты на основе меди, при этом медь практически не участвует в процессе окисления. Анализировалась ли структура образованных дендритов? С чем, по мнению автора, связано слабое взаимодействие атомов меди с кислородом в сплаве?

8) Поляковой Марины Андреевны, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры технологий обработки материалов ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Замечания и вопросы отсутствуют.

9) Осиповой Лейлы Миргасановны, кандидата химических наук, главного ученого секретаря ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН. Замечания и вопросы: 1. Неудачная формулировка раздела «Основные результаты и выводы». В том виде, в каком этот раздел представлен в автореферате, он выглядит, как отчет о проделанной работе с описанием того, что было выполнено в ходе диссертационного исследования, а собственно научные выводы соискателя представлены в нем весьма скромно. 2. Автореферат перегружен иллюстративным материалом – 19 рисунков на 24 страницы автореферата. 3. Как следует из таблицы 1, в случае ВЭС $Al_{0,45}CoCrFeNiSi_{0,45}$ прирост массы после окисления в течении одного часа практически не зависит от температуры, а при увеличении длительности процесса окисления до 5 или 10 часов прирост массы имеет тенденцию к уменьшению с ростом температуры. В то же время из таблицы 3 видно, что высокотемпературное окисление фехралей при тех же значениях времени приводит к монотонному возрастанию прироста массы с ростом температуры. Чем объясняется такое диаметрально противоположное поведение прироста массы для указанных сплавов?

10) Пахомова Романа Александровича, кандидата технических наук, старшего научного сотрудника лаборатории пирометаллургии ООО «Институт Гипроникель». 1. Проверялось ли влияние остальных компонентов воздуха (CO_2 , N_2 , Ar , H_2O), участвующих в экспериментальной работе, при проведении термодинамического моделирования? 2. Проводилось ли или планируется в будущих работах экспериментальное

исследование жидкофазного окисления ВЭС, которому в главе 4 посвящен раздел 4.2. 3. При защите технических работ диссертационный совет зачастую требует от соискателя подтверждения экономического эффекта или установления зависимостей коренным образом, влияющих на процесс и его изменения. В тоже время в работе по соискателя на степень кандидата химических наук в основных результатах работы представлен только факты проведения исследований без конкретных результатов. Вместе с тем в результатах главы 3 подробно прописаны результаты исследований. Так, например, на стр. 107 утверждается о нецелесообразности добавок Cu, Ti, Mn и V ВЭС в AlFeCoCrNi для повышения стойкости к окислению, в отличие от добавки Si. В выводах автореферата и диссертации было бы целесообразно указать о полученных результатах.

Выбор официальных оппонентов обосновывается наличием у оппонентов публикаций по теме диссертационного исследования, высоким уровнем компетентности в области исследований многокомпонентных материалов, их структуры и свойств, и способностью определить научную новизну и практическую ценность диссертации. Выбор ведущей организации обосновывается наличием компетентных специалистов, а также тем, что одно из основных направлений научно-исследовательской деятельности соответствует тематике диссертации Веселкова Сергея Николаевича, что подтверждается публикациями.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика изучения процессов высокотемпературного окисления высокоэнтропийных сплавов, включающая экспериментальные исследования кинетики их окисления и фазового состава оксидных плёнок, а также термодинамическое моделирование фазовых равновесий с использованием программного комплекса FactSage, что позволило установить закономерности фазообразования и оценить перспективность исследованных сплавов для применения в условиях высоких температур;

предложен оптимальный состав сплава ($\text{Al}_{0,45}\text{CoCrFeNiSi}_{0,45}$), обладающего высокой жаростойкостью;

доказана достоверность термодинамического моделирования фазовых равновесий на основе CALPHAD-подхода при прогнозировании поведения ВЭС в окислительной среде;

введено новое представление о фазовых диаграммах, связывающих количественный состав металлического расплава, с качественным составом сопряжённых неметаллических фаз для высокоэнтропийных сплавов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано существование устойчивых закономерностей в последовательности фазообразования при высокотемпературном окислении высокоэнтропийных сплавов, заключающихся в приоритетном формировании оксида Al_2O_3 и муллита в Al- и Si-содержащих системах, появлении смешанных оксидов со структурой типа NiFe_2O_4 , $\text{Co}_3\text{V}_2\text{O}_8$, CrTaO_4 при введении Mn, V и Ti, а также в формировании рутилоподобных фаз со структурой типа AlTaO_4 в эквимольных тугоплавких системах типа MoTaTiCr , WMoTaTiCr и аналогичных, при этом выявленные закономерности согласуются с термодинамическим моделированием и воспроизводятся при различных температурных условиях;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы термодинамического моделирования с применением алгоритма CALPHAD и программного комплекса FactSage для предсказания состава оксидных фаз;

изложены новые подходы к построению фазовых и оксидных диаграмм, отражающих равновесие между металлическими растворами и продуктами их окисления;

раскрыты особенности влияния различных легирующих элементов на термодинамику и кинетику процессов окисления: добавление кремния и алюминия способствует формированию плотной защитной оксидной плёнки за счёт образования Al_2O_3 , SiO_2 и муллита, что приводит к снижению скорости окисления; обладающий возможностью существовать в нескольких степенях окисления марганец формирует фазы, имеющие более высокие коэффициенты самодиффузии, в результате чего наблюдается более быстрое окисление; ванадий и титан участвуют в образовании смешанных ванадатов и титанатов со структурой типа $\text{Co}_3\text{V}_2\text{O}_8$, CrTaO_4 , влияя на защитные свойства оксидных слоёв; в тугоплавких системах с элементами W, Mo, Ta и Cr добавление алюминия способствует образованию фаз типа AlTaO , повышающих жаростойкость, тогда как наличие вольфрама, напротив, способствует образованию фаз с высокими коэффициентами самодиффузии и ускоряет окисление;

изучены термодинамические параметры и кинетические характеристики реакций, лежащих в основе формирования оксидных плёнок: рассчитаны энергии активации окисления для сплавов $\text{Al}_{0,25}\text{CoCrFeNiMn}$ (107 кДж/моль) и $\text{Al}_{0,25}\text{CoCrFeNiSi}_{0,45}$ (74 кДж/моль), определены константы скорости окисления для всех исследованных ВЭС, показано различие в температурной зависимости прироста массы.

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

определен оптимальный состав высокоэнтропийного сплава, обладающего повышенной устойчивостью к высокотемпературному окислению, имеющего брутто-состав $\text{Al}_{0,25}\text{CoCrFeNiSi}_{0,45}$;

создана методика построения фазовых диаграмм, применимая для практической оценки устойчивости ВЭС к окислению и определения условий формирования эффективных барьерных плёнок;

представлены конкретные рассчитанные кинетические характеристики (энергии активации, константы скорости) для ряда новых высокоэнтропийных и среднеэнтропийных сплавов, а также фазовые диаграммы, позволяющие прогнозировать структуру оксидных плёнок и использовать полученные данные при разработке жаростойких материалов в аэрокосмической промышленности, ядерной и химической инженерии, а также в тех областях, где устойчивость сплавов к окислению является чрезвычайно важной характеристикой.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использованы современные методы физико-химического анализа, включая термогравиметрию, порошковый рентгенофазовый анализ, сканирующую электронную микроскопию высокого разрешения с рентгенофлуоресцентным энергодисперсионным элементным микроанализом, что обеспечило высокую точность измерений состава, структуры и морфологии исследуемых материалов;

теория термодинамического моделирования базируется на компьютерном параметризованном варианте метода Гиббса и реализована с использованием программного комплекса FactSage;

идея базируется на сопоставлении экспериментальных и теоретических подходов для всестороннего анализа процессов окисления многокомпонентных сплавов;

использованы сравнительные данные – результаты, полученные автором, сопоставлены с данными, представленными ранее в литературе, что позволило выявить как подтверждение ранее установленных закономерностей, так и новые аспекты поведения высокоэнтропийных сплавов, ранее не изучавшиеся;

установлено как качественное, так и количественное совпадение между результатами экспериментального исследования и данными термодинамического моделирования, особенно в части состава образующихся оксидных фаз и последовательности их формирования;

использованы термодинамические расчёты в программном комплексе FactSage 7.3-8.0 с применением актуальных баз данных, что позволило

обеспечить корректность моделирования фазовых равновесий и подтвердить соответствие расчётных результатов экспериментальным данным.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке цели и постановке задач исследования, проведении анализа научной литературы, выборе экспериментальных методик и оборудования, самостоятельном выполнении большей части экспериментов по изучению высокотемпературного окисления высокоэнтропийных сплавов, обработке и интерпретации полученных данных, выполнении термодинамического моделирования процессов фазообразования с использованием программного комплекса FactSage, построении фазовых и оксидных диаграмм, а также в обобщении результатов, формулировке выводов и подготовке публикаций совместно с научным руководителем и соавторами.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, основной идейной линии, и взаимосвязи выводов с целью работы. По своему содержанию диссертация отвечает паспорту 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. 12 – Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов.

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

1. У вас везде навязчиво в нескольких пунктах звучит, что «обобщение и систематизация информации...». Во-первых, любое диссертационное исследование и даже не только диссертационное начинается с анализа и обобщения информации, а вы даже это на защиту выносите положение «результаты анализа и систематизация информации». Как можно результаты, фактически литературный обзор, выносить на защиту как положение?

2. В таблице 6, слайд 21 видим, что один состав в дендрите, другой состав – в междендрите. Это можно считать высокоэнтропийным сплавом или это следует считать двухфазной системой, каждая из фаз которая высоко/среднеэнтропийная?

3. 12 слайд. Как вы оцениваете левый и правый примеры изменения массы. Масса иногда идет вниз, иногда идет вверх – коридор погрешности какой у вас? Как вы оцениваете точность измерения изменения массы, если весы регистрируют, то прибыль массы, то убыль массы?

Соискатель Веселков С.Н. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел свою аргументацию:

1. Дело в том, что конкретно по данной тематике, для многокомпонентных материалов, то есть высокоэнтропийных сплавов, ни разу нигде не проводилась такая обширная работа, где были сведены в совокупности данные об окислении этих материалов. Работа была проведена достаточно большая, была написана очень обширная обзорная статья, которая до сих пор цитируется другими исследователями, которые работают в этом направлении.

2. Исторически сложилось так, что высокоэнтропийные сплавы считали обычно однофазными, но дальше, когда эта тема начала развиваться, двухфазные сплавы тоже стали считать высокоэнтропийными, то есть в том числе те сплавы, которые получили в данной работе. Даже есть высокоэнтропийные сплавы, которые имеют аморфную структуру при определённых условиях. Это тоже всё считается высокоэнтропийными сплавами.

3. В данном случае здесь погрешность была небольшая. Почему? Потому что, так как мы изучали микроструктуру и остальное, мы тем самым подтвердили, что именно при 900-1000 °С ВЭС с Si показал похожую морфологию. То есть примерно на сопоставимом уровне у него шло окисление при обеих температурах. Поэтому, считаю, что погрешность была небольшая. Просто здесь получилось так, что пришлось увеличить чувствительность прибора, так как в начале плохо фиксировалось изменение массы.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится научно обоснованное решение научной задачи, имеющей значение для развития физической химии – создание подхода к прогнозированию фазовых превращений в многокомпонентных металлических системах при воздействии окислительной среды. В целом, диссертация отвечает квалификационным требованиям, установленным в п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор – Веселков Сергей Николаевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

На заседании 18 июня 2025 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития физической химии в части получения новых знаний о физико-химических особенностях

окисления высокоэнтропийных сплавов, присудить Веселкову С.Н. учёную степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0 человек, проголосовали: за – 17, 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: 18 июня 2025 г.