

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 02.01.01  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

от 10 декабря 2020 г. № 19

о присуждении **Хвостовой Ладе Вячеславовне**, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «**Фазовые равновесия, кристаллическая структура и свойства оксидов в системах  $\frac{1}{2} \text{Ln}_2\text{O}_3\text{-SrO-}\frac{1}{2} \text{Fe}_2\text{O}_3$  (Ln = Sm, Gd)**» по специальности **02.00.04 – Физическая химия** принята к защите диссертационным советом УрФУ 02.01.01 15 сентября 2020 г., протокол № 14.

Соискатель, **Хвостова Лада Вячеславовна**, 1992 года рождения, в 2016 г. окончила ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 04.04.01 – Химия; в 2020 г. окончила очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 04.06.01 – Химические науки (Физическая химия).

Работает в должности инженера Лаборатории химического дизайна новых многофункциональных материалов Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Диссертация выполнена на кафедре физической и неорганической химии Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор химических наук, профессор **Черепанов Владимир Александрович** ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт естественных наук и математики, Научно-исследовательский институт физики и прикладной

математики, отдел химического материаловедения, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

**Зуев Михаил Георгиевич**, доктор химических наук, профессор, ФГБУН Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург), лаборатория оксидных систем, главный научный сотрудник;

**Шкерин Сергей Николаевич**, доктор химических наук, ФГБУН Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург), лаборатория электрохимического материаловедения, главный научный сотрудник;

**Воронин Владимир Иванович**, кандидат физико-математических наук, ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии (г. Екатеринбург), лаборатории нейтронных исследований вещества, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 54 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации – 26 работ, из них 3 статьи, опубликованных в рецензируемых научных изданиях входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации 3.25 п.л. / 0.288 п.л. – авторский вклад.

*Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК и Аттестационным советом УрФУ:*

1. Volkova N.E., Khvostova L.V., Gavrilova L.Ya., Cherepanov V.A. Crystal structure, oxygen nonstoichiometry and properties of novel Ruddlesden-Popper phase  $\text{Sm}_{1.8}\text{Sr}_{1.2}\text{Fe}_2\text{O}_{7-\delta}$  // Materials Letters, 2018, v. 213, p. 158–161. (0.25 п.л./0.0625 п.л.) Scopus, Web of Science.

2. Khvostova L.V., Volkova N.E., Gavrilova L.Ya., Cherepanov V.A. Role of Sm content to the crystal structure and properties of  $Sr_{1-x}Sm_xFeO_{3-\delta}$  // J. Solid State Chem., 2018, v.267, p. 113-118. (0.375 п.л./0.094 п.л.) Scopus, Web of Science.

3. Khvostova L.V., Galayda A. P., Maklakova A. V., Baten'kova A. S., Startseva A. A., Volkova N. E., Gavrilova L. Ya, Cherepanov V. A. Crystal structure of solid solutions in the  $Sm_2O_3$ -CaO-MO and  $Ln_2O_3$ -SrO-MO systems ( $Ln = Sm, Gd; M = Fe, Co$ ) // Inorganic Materials, 2019, т. 55, с. 1001-1006. (0.375 п.л./0.047 п.л.) Scopus, Web of Science.

На автореферат поступило 5 положительных отзывов: от заведующей лабораторией оксидных систем ФГБУН Байкальский институт природопользования СО РАН, д.х.н. **Хайкиной Елены Григорьевны**, г. Улан-Удэ; от заведующей лабораторией химической термодинамики кафедры физической химии химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», д.х.н., профессора **Успенской Ирины Александровны**, г. Москва; от главного научного сотрудника лаборатории керамического материаловедения Института химии – обособленного подразделения Федерального исследовательского центра КомиНЦ УрО РАН, д.х.н. **Пийр Ирины Вадимовны**, г. Сыктывкар; от ведущего научного сотрудника лаборатории синтеза и роста монокристаллов РЗМ соединений ФГБУН Институт неорганической химии им А.В. Николаева СО РАН, д.х.н. **Васильевой Инги Григорьевны**, г. Новосибирск; от директора ФГБУН Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, д.х.н., чл.-корр. РАН **Немудрого Александра Петровича**, г. Новосибирск.

Отзывы содержат следующие критические замечания и вопросы: о сравнении состава и свойств материалов, полученных различными методами – соосаждения, твердофазным и глицерин-нитратным (Хайкина Е.Г.); о выборе самария и гадолиния в качестве редкоземельной составляющей изученных систем; об аналитических моделях, позволяющих при анализе термического расширения образцов, теряющих кислород при нагреве, учесть два фактора –

состав образца и температуру; замечание о трудно читаемом формате рисунков в автореферате (Успенская И.А.); о выборе температуры 1100°С для изучения фазовых равновесий и необходимости соотнести полученные данные с другими условиями, в частности, с нормальными условиями (Пийр И.В.); о новых определенных структурах и их отличиях от уже известных структур; об ошибке определения содержания кислорода в образцах; о методе определения равновесного состояния материалов; о влиянии протяженных дефектов керамических образцов на их физико-химические свойства (Васильева И.Г.); о погрешности метода термогравиметрии; о возможном влиянии образца, а не ячейки на смещение точки перегиба от теоретического значения на изотермических кривых при кулонометрическом титровании (Немудрый А.П.)

**Выбор официальных оппонентов** обосновывается компетентностью Зуева М.Г., Шкерина С.Н. и Воронина В.И. в области физической химии сложнооксидных соединений и изучения структурных особенностей, физико-химических, электрохимических и термодинамических свойств твердых тел, что подтверждается их публикациями в высокорейтинговых научных журналах.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата **химических** наук соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ и является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача по исследованию фазовых равновесий, кристаллической структуры, кислородной нестехиометрии и физико-химических свойств индивидуальных соединений, образующихся в системах  $\frac{1}{2}\text{Ln}_2\text{O}_3\text{-SrO-}\frac{1}{2}\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Ln=Sm, Gd), имеющая значение для развития химии твердого тела.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. **Положения, выносимые на**

**защиту**, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

- Построены изобарно-изотермические диаграммы состояния квазитройных систем  $\frac{1}{2}\text{Ln}_2\text{O}_3\text{-SrO-}\frac{1}{2}\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $\text{Ln}=\text{Sm, Gd}$ ) при  $1100^\circ\text{C}$  на воздухе;
- Определены области гомогенности твердых растворов:  $\text{Sr}_{1-x}\text{Sm}_x\text{FeO}_{3-\delta}$  ( $0.05 \leq x \leq 0.50$  и  $0.85 \leq x \leq 1.00$ ),  $\text{Sr}_{2-y}\text{Sm}_y\text{FeO}_{4-\delta}$  ( $0.7 \leq y \leq 0.8$ ),  $\text{Sr}_{3-z}\text{Sm}_z\text{Fe}_2\text{O}_{7-\delta}$  ( $0 \leq z \leq 0.3$ ,  $z = 1.8$ ),  $\text{Sr}_{3.1}\text{Sm}_{0.9}\text{Fe}_3\text{O}_{10-\delta}$ ;  $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_{3-\delta}$  ( $0.05 \leq x \leq 0.30$  и  $0.8 \leq x \leq 1.0$ ),  $\text{Sr}_{2-y}\text{Gd}_y\text{FeO}_{4-\delta}$  ( $0.75 \leq y \leq 0.80$ ),  $\text{Sr}_{3-z}\text{Gd}_z\text{Fe}_2\text{O}_{7-\delta}$  ( $0 \leq z \leq 0.3$ ,  $z = 1.9$ ),  $\text{Sr}_{3.2}\text{Gd}_{0.8}\text{Fe}_3\text{O}_{10-\delta}$ , и структурные параметры твердых растворов  $\text{Sr}_{1-x}\text{Ln}_x\text{FeO}_{3-\delta}$ ,  $\text{Sr}_{2-y}\text{Ln}_y\text{FeO}_{4-\delta}$ ,  $\text{Sr}_{3-z}\text{Ln}_z\text{Fe}_2\text{O}_{7-\delta}$  и  $\text{Sr}_{4-r}\text{Ln}_r\text{Fe}_3\text{O}_{10-\delta}$  ( $\text{Ln} = \text{Sm, Gd}$ );
- Получены температурные зависимости кислородной нестехиометрии для сложных оксидов  $\text{Sr}_{1-x}\text{Sm}_x\text{FeO}_{3-\delta}$  ( $0 \leq x \leq 0.5$ ),  $\text{Sr}_{1.2}\text{Sm}_{0.8}\text{FeO}_{4-\delta}$ ,  $\text{Sr}_{3-z}\text{Sm}_z\text{Fe}_2\text{O}_{7-\delta}$  ( $z = 0.3; 1.8$ ),  $\text{Sr}_{3.1}\text{Sm}_{0.9}\text{Fe}_3\text{O}_{10-\delta}$  и  $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_{3-\delta}$  ( $0 \leq x \leq 0.3$ ),  $\text{Sr}_{1.2}\text{Gd}_{0.8}\text{FeO}_{4-\delta}$ ,  $\text{Sr}_{2.7}\text{Gd}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_{7-\delta}$ . Установлено, что содержание кислорода в образцах увеличивается с уменьшением температуры и ростом содержания лантаноида в  $\text{Sr}_{1-x}\text{Ln}_x\text{FeO}_{3-\delta}$ ;
- На основании зависимости кислородной нестехиометрии  $\text{Sr}_{0.7}\text{Sm}_{0.3}\text{FeO}_{3-\delta}$  от парциального давления кислорода предложена модель дефектной структуры сложного оксида в рамках модели точечных дефектов с образованием кислородных вакансий и собственного электронного разупорядочения;
- Определены температурные зависимости общей электропроводности и термо-ЭДС сложных оксидов  $\text{Sr}_{1-x}\text{Sm}_x\text{FeO}_{3-\delta}$  ( $0 \leq x \leq 0.5$ ),  $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_{3-\delta}$  ( $0.1 \leq x \leq 0.9$ ),  $\text{Sr}_{1.3}\text{Sm}_{0.7}\text{FeO}_{4-\delta}$ ,  $\text{Sr}_{1.2}\text{Gd}_{0.8}\text{FeO}_{4-\delta}$ ,  $\text{Sr}_{1.2}\text{Sm}_{1.8}\text{Fe}_2\text{O}_{7-\delta}$ ,  $\text{Sr}_{1.1}\text{Gd}_{1.9}\text{Fe}_2\text{O}_{7-\delta}$ ,  $\text{Sr}_{3.1}\text{Sm}_{0.9}\text{Fe}_3\text{O}_{10-\delta}$ ,  $\text{Sr}_{3.2}\text{Gd}_{0.8}\text{Fe}_3\text{O}_{10-\delta}$ , и термо-ЭДС:  $\text{Sr}_{1-x}\text{Sm}_x\text{FeO}_{3-\delta}$  ( $0 \leq x \leq 0.5$ ),  $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_{3-\delta}$  ( $0.1 \leq x \leq 0.9$ ) от температуры на воздухе. Установлено, что основными носителями заряда являются электронные дырки, концентрация которых определяется кислородной нестехиометрией и концентрацией допантов;

- Определены значения КТР и исследована химическая совместимость сложных оксидов, образующихся в системах  $\frac{1}{2}\text{Ln}_2\text{O}_3\text{-SrO-}\frac{1}{2}\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Ln=Sm, Gd), с материалами известных твердых электролитов;
- Изученные твердые растворы могут быть рекомендованы для дальнейших практических исследований в качестве материалов катодов твердооксидных топливных элементов.

На заседании 10 декабря 2020 г. диссертационный совет УрФУ 02.01.01 принял решение присудить Хвостовой Л.В. ученую степень кандидата **химических наук**.

При проведении открытого голосования диссертационный совет УрФУ 02.01.01 в количестве 20 человек, из них в удаленном интерактивном режиме – 9, в том числе 7 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за –19 , против – 1, воздержавшихся – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета  
УрФУ 02. 01.01



Зуев Андрей Юрьевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
УрФУ 02.01.01.

Кочетова

Надежда Александровна

10.12.2020