

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК»  
(ФИЦ КНЦ РАН)

**ИНСТИТУТ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ  
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ  
И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ им. И.В.ТАНАНАЕВА  
(ИХТРЭМС КНЦ РАН)**

Академгородок, 26а, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209  
Факс (815-55)6-16-58, Тел. (815-55)7-52-95, 79-5-49  
E-mail office@chemy.kolasc.net.ru

06.02.2023 № 186.02-б/н  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Ученому секретарю  
диссертационного совета  
24.1.148.01  
д.х.н., Т.П. Шахтшнейдер

630090 г. Новосибирск,  
ул. Кутателадзе, д. 18

Институт химии твердого тела и  
механохимии Сибирского  
отделения РАН

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Алёны Сергеевны Лесничёвой  
**“ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ И ПРОТОННЫЙ ПЕРЕНОС В  
АКЦЕПТОРНО-ДОПИРОВАННЫХ СКАНДАТАХ ЛАНТАНА”**,  
представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук  
по специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела».

Использование водородно-углеводородных смесей газов для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) невозможно из-за коксования и отравления батареи серой, что приводит к значительному ухудшению ее характеристик. Перспективным представляется использование протонно-керамических топливных элементов (ПКТЭ) в среднетемпературном режиме эксплуатации (500-700°C) вследствие высокой подвижности протонов в электролите, более высокой эффективности работы ПКТЭ по сравнению с ТОТЭ, возможности прямой подачи углеводородного топлива к аноду без осуществления риформинга и возможности использования загрязненного серой природного газа.

Наиболее высокая протонная проводимость наблюдается в материалах со структурой перовскита. Однако не все типы этой структуры исследованы подробно. Так, например, среди оксидов  $A^{3+}B^{3+}O_3$  ( $A = Ba, Sr$  и  $B = Ce, Zr$ ) наибольшей термической и химической стабильностью обладает скандат лантана  $LaScO_3$ , но данные об области существования однофазных твердых растворов, структуре и транспортных свойствах  $La_{1-x}M_xScO_{3-\delta}$  ( $M = Ca, Sr, Ba$ ) в литературе освещены не в полной мере.

Поэтому исследование влияния различных факторов (состав электролита и газовой атмосферы, температура, кристаллическая структура) на свойства данных материалов является важной и актуальной задачей для выявления оптимального состава электролита в протонно-керамических электрохимических устройствах.

Целью диссертационной работы Лесничёвой Алёны Сергеевны являлось установление закономерностей влияния катионного состава на структуру и транспортные свойства протонпроводящих твердых растворов  $\text{La}_{1-x}\text{M}_x\text{ScO}_{3-\delta}$  ( $\text{M} = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$ ), выявление оптимального состава и условий формирования керамических материалов на основе скандата лантана для создания твердоэлектролитных мембран протонно-керамических электрохимических устройств.

Проведенные А.С. Лесничёвой экспериментальные исследования, их анализ и обобщение позволили автору получить целый ряд важных результатов, имеющих научную новизну и актуальность:

- установлено влияние химической природы и концентрации допанта на микроструктурные параметры керамических материалов;
- определены границы области существования однофазных твердых растворов замещения, относительные плотности керамики;
- для твердых растворов систем  $\text{La}_{0.95}\text{M}_{0.05}\text{ScO}_{3-\delta}$  ( $\text{M} = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$ ) впервые показано, что характеристики протонного переноса определяются разницей электроотрицательностей между La и атомом допанта;
- максимальные числа переноса протонов определены для  $\text{La}_{0.95}\text{Ca}_{0.05}\text{ScO}_{3-\delta}$ , а наибольшая протонная проводимость характерна для  $\text{La}_{0.95}\text{Sr}_{0.05}\text{ScO}_{3-\delta}$ ;
- впервые выявлено существенное отличие транспортных свойств  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{ScO}_{3-\delta}$  ( $x = 0.05$  и  $0.10$ ) и  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{ScO}_{3-\delta}$  ( $x=0.15$  и  $0.20$ ) из-за ассоциации кислородных вакансий с атомами стронция в условиях повышенной влажности и температуры;
- в ряду составов  $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{ScO}_{3-\delta} + \text{MeO}_x$  ( $\text{Me} = \text{Cu}, \text{Ni}, \text{Co}, \text{Fe}, \text{Mn}$ ) впервые показано, что добавки оксидов никеля и кобальта способствуют воспроизводимому получению газоплотных тонкостенных керамических изделий трубчатой геометрии промышленным методом горячего шликерного литья под давлением.

По тексту автореферата диссертации имеются следующие вопросы:

- нет информации об исследовании влияния углеродсодержащей газовой среды на работу протонно-керамического топливного элемента;
- не ясно, как влияет наличие щелочноземельных металлов-допантов Ca, Sr, Ba на стабильность работы электролита в протонно-керамическом топливном элементе во

влажной или углеродсодержащей газовой среде в случае, когда содержание допанта позволяет получить однофазный продукт, и в случае, когда содержание допанта превышено, и обнаруживаются дополнительные фазы оксидов щелочноземельных металлов?

– как меняются стабильность напряжения, температурные режимы работы ПКТЭ при работе во влажной и углеродсодержащей газовой среде?

Отмеченные замечания не снижают научной и практической значимости результатов работы.

В работе представлен большой объем экспериментальных результатов, достоверность которых не вызывает сомнений. Результаты научного исследования апробированы на российских и зарубежных конференциях. Материалы диссертации достаточно полно отражены в статьях и изданиях, рекомендованных ВАК, а также в двух патентах.

Автореферат диссертации и опубликованные по ней материалы в полной мере отражают содержание работы, отвечающей требованиям ВАК п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 с изменениями от 26 сентября 2022 г. № 1690), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Алёна Сергеевна Лесничёва заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела».

Кузнецов Сергей Александрович,

доктор химических наук (специальность 02.00.05 – «Электрохимия»), заведующий лаборатории «Высокотемпературной химии и электрохимии» Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева

184209 г. Апатиты Мурманской обл., Академгородок 26А,

раб. тел. +7(815 55) 79-730

e-mail [s.kuznetsov@ksc.ru](mailto:s.kuznetsov@ksc.ru)

Я, Кузнецов Сергей Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

06.02.2023

дата

Подпись Зав. лаб., д.т.н.  
Кузнецова С. А.  
По месту работы удостоверяю:  
ИХТРЭМС КНЦ РАН  
И.о. помощника директора  
Власюк О. Л.  
« 06 » 02 20 23 г.



Кузнецов С.А.

подпись

Долматов Владимир Сергеевич,

кандидат химических наук (специальность 02.00.05 – «Электрохимия»), научный сотрудник лаборатории «Высокотемпературной химии и электрохимии» Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева

184209 г. Апатиты Мурманской обл., Академгородок 26А,

раб. тел. +7(815 55) 79-129

e-mail [v.dolmatov@ksc.ru](mailto:v.dolmatov@ksc.ru)

Я, Долматов Владимир Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

06.02.2023

дата

Долматов В.С. /Долматов В.С.  
подпись

Подпись <u>Н. С. К. Х. Н.</u>
<u>Долматова В. С.</u>
По месту работы удостоверяю:
<b>ИХТРЕМС КНЦ РАН</b>
<u>И.о. помощника директора</u>
<u>Власов О. Л.</u>
« 06 » 02 2023 г.

