Отзыв

на автореферат диссертации **Тарутиной Лианы Раисовны**

«Смешанные ионно-электронные проводники на основе Fe-допированных церато-цирконатов бария»,

представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6 – электрохимия

Топливные элементы, обеспечивающие прямое преобразование химической энергии в электрическую посредством электрохимических процессов, демонстрируют растущую значимость в энергетической отрасли. Разработка твердооксидных топливных элементов с протон-проводящими электролитными мембранами (ТОТЭ-H^+) представляет собой перспективное направление в технологии топливных элементов. Диссертационное исследование Л. Р. Тарутиной посвящено изучению ряда сложных оксидов $BaCe_{0.7-x}Zr_{0.2}Y_{0.1}Fe_xO_{3-\delta}$ (BCZYF), которые характеризуются смешанной ионно-электронной проводимостью, с целью их потенциального применения в качестве материалов воздушных электродов ТОТЭ-H^+.

В рамках работы выполнен комплексный анализ указанных оксидов, включавший синтез, изучение структурных характеристик, изготовление керамических образцов и исследование их морфологических особенностей. Проведены термогравиметрические измерения для определения температурных зависимостей содержания кислорода в различных условиях, дилатометрические исследования для исследования термомеханических свойств, а также измерения электропроводности в зависимости от температурных условий и парциального давления кислорода. Завершающим этапом работы стало создание и испытание электрохимического устройства на основе единичной ячейки ТОТЭ-H^+ с применением материала BCZYF, показавшего оптимальные функциональные характеристики.

Результаты исследования, представленные в рецензируемых журналах первого квартиля и на профильных конференциях, свидетельствуют о том, что

автор успешно освоила современные экспериментальные методики и готова к самостоятельной научной работе в области высокотемпературной электрохимии.

При ознакомлении с авторефератом возникло несколько вопросов:

1. Условия спекания керамических материалов оказывают значительное влияние на их электрические и механические свойства. Изменения плотности или появление закрытой пористости могут существенно изменить транспортные характеристики материала, а, значит, и его устойчивость при эксплуатации. Влияет ли уровень допирования железом на конечную плотность и пористость изученных образцов BCZYF? Наблюдалось ли образование остаточной закрытой пористости, способной влиять на проводимость?

2. Рост или уменьшение размера зерен часто приводит к изменению механических характеристик керамических материалов, что важно для тонких слоев в электрохимических ячейках, где механическая хрупкость может привести к деградации. Оценивалось ли влияние размеров зерен и структуры границ зерен в изученных материалах BCZYF на их механические свойства, например, трещиностойкость или склонность к хрупкому разрушению?

3. Различия в термических коэффициентах линейного расширения (ТКЛР) между электродом и электролитом могут приводить к внутренним напряжениям, особенно при нагреве и охлаждении ячейки. Такие напряжения могут вызывать как отслоение и растрескивание конструкционных частей, так и ускоренную деградацию электрохимического устройства в целом. Как можно оценить риск возникновения термических напряжений при контакте материала электрода с электролитами BCZYF составов x = 0.5–0.7, для которых наблюдается рост ТКЛР?

Указанные замечания не снижают научной ценности полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку исследования. Работа представляет собой завершённое исследование, выполненное по актуальной научной проблеме и отвечающее современным требованиям к

научным исследованиям. Полученные результаты обладают научной новизной и имеют практическую значимость для развития данной области знаний. Считаю, что диссертация отвечает всем требованиям п. 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в действующей редакции), а Тарутина Л.Р. заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6. «Электрохимия».

Согласна на размещение моих персональных данных, указанных ниже, в сети Интернет.

Кандидат химических наук,
доцент кафедры физической и неорганической химии,
ведущий научный сотрудник
научной лаборатории астрохимических исследований,
Институт естественных наук и математики УрФУ,
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Филонова Елена Александровна

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»:
620062, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19
18.11.2025.

Подпись Филоновой Е.А. заверяю
Ученый секретарь учреждения (УС) Морозова В.А.