

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Д.А. Медведева

«Высокотемпературные протонные электролиты на основе  $\text{Ba}(\text{Ce},\text{Zr})\text{O}_3$  структурой перовскита: стратегия синтеза, оптимизация свойств и особенности применения»,

представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.05 – Электрохимия

Разработка технологий электрохимических устройств, которых может доминировать протонный транспорт заряда, с возможностью реализации различных превращений (энергии, химических веществ) имеет большое практическое значение.

Актуальной проблемой является управление процессом получения новых протонпроводящих электролитов методом твердофазного синтеза. Для решения этой задачи в настоящей работе исследованы процессы получения протонпроводящих электролитов семейства  $\text{BaCeO}_3$  и  $\text{BaZrO}_3$  и выполнено обоснование использования метода введения спекающих добавок для формирования газоплотных электролитов как в индивидуальном виде, так и в составе многослойных структур. Решение данной проблемы в научном и технологическом аспекте позволит в дальнейшем осуществить коммерциализацию твердооксидных топливных элементов на основе протонных электролитов.

Автором обоснована возможность синтеза при сравнительно невысокой температуре спекания с применением методом твердофазного синтеза.

Впервые разработан метод синтеза, с применением которого можно получить газоплотные материалы на основе цератов бария и церий-обогащенных церато-цирконатов с добавкой оксида меди. Использование добавки оксида меди способствует спеканию цератов и церий-обогащенных церато-цирконатов. Кроме того, получен и аттестован материал на основе иттрата лантана, также обладающий высокой протонной проводимостью.

Установлено, что изменение структурных свойств, микроструктурных свойств, термохимических свойств, транспортных свойств связано с изменением параметра  $x$ , характеризующего соотношения компонентов системы между собой. Проведено комплексное изучение функциональных свойств материалов изученных систем различными физико-химическими методами, что является весьма ценным и делает достоверными полученные результаты.

Впервые разработаны конструкции сенсоров с амперометрическим или потенциометрическим принципом работы для измерения концентрации водорода и паров воды. Сенсоры могут быть использованы не только для

определения концентрации водорода и воды в газах, но и для оценки коэффициента взаимной диффузии в газовых смесях.

Впервые получены единичные ячейки твердооксидных топливных элементов с протонопроводящими электролитами 20-50 мкм, с удельной мощностью до 200 мВт см<sup>-2</sup> при 600<sup>o</sup>C.

Результаты диссертационной работы прошли хорошую апробацию на конференциях разного уровня и достаточно полно опубликованы в литературе. По материалам диссертации опубликована 1 монография, 39 статей в российских и зарубежных рецензируемых журналах, индексируемых в научных базах Scopus и Web of Science, и 3 патента РФ.

Результаты работы доложены и обсуждены на российских конференциях «Физическая химия и электрохимия расплавленных и твердых электролитов», Екатеринбург (2007) и Нальчик (2010), Российских конференциях «Физические проблемы водородной энергетики», Санкт-Петербург, 2009 и 2011 гг., всероссийской конференции с международным участием «Топливные элементы и энергоустановки на их основе», Черногоровка, 2013 г., «Фундаментальные проблемы ионики твердого тела», Черногоровка, 2012, 2014, 2016 гг., VIII международной конференции «Фундаментальные основы электрохимической энергетики», Саратов, 2011 г., всероссийской конференции «Химии твердого тела функциональные материалы», Екатеринбург, 2008, 2010, 2012-2017 гг., международных молодежных научных форумах «ЛОМОНОСОВ», Москва, 2008, 2010, 2013 гг., XIX International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia (RCCT-2013), Russia, 2013 г., European Fuel Cell Technology & Applications, Italy, 2013 г., International conference on functional materials for frontier energy issues, Russia, 2015 г., 3<sup>rd</sup> International Congress on Energy Efficiency and Energy Related Materials, Turkey, 2015 г., IX всероссийской конференции по электрохимическим методам анализа с международным участием и молодежной научной школой «ЭМА 2016», Екатеринбург, 2016 г., Менделеевских съездах по общей и прикладной химии, Волгоград (2011 г.) и Екатеринбург (2016 г.), International Workshop Prospects on Protonic Ceramic Cells (PPCC -2017), France, 2017 г., International Conference of Solid State Ionics, China (2007 г.), Poland (2011 г.), Japan (2013 г.), Italy (2017 г.), Первой международной конференции по интеллектоемким технологиям в энергетике, Екатеринбург, 2017 г.

На основании изложенного выше можно считать, что Д.А. Медведева «Высокотемпературные протонные электролиты на основе Ba(Ce, Zr)O<sub>3</sub> структурой перовскита: стратегия синтеза, оптимизация свойств и особенности применения», представляет собой завершенное научное исследование, актуальность, научная новизна и практическая значимость которого не вызывают сомнения.

Работа удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.05 – Электрохимия.

Д. х. н., профессор, кафедра  
Общей и физической химии  
Тюменского индустриального университета  
[zhigarevaig@tyuiu.ru](mailto:zhigarevaig@tyuiu.ru)

И.Г. Жихарева  
Ирина Георгиевна

К.х.н, доцент, кафедра  
Общей и физической химии  
Тюменского индустриального университета  
[hlynovanm@tyuiu.ru](mailto:hlynovanm@tyuiu.ru)

Н.М. Хлынова  
Наталья Михайловна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», кафедра Общей и физической химии;  
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38;  
3452 (28-33-37).

26.04.2019