

«УТВЕРЖДАЮ»

ВРИО директора Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Ордена Трудового  
Красного Знамени Института химии силикатов им.

И. В. Гребенщикова Российской академии наук



И. Ю. Кручинина

» июня 2018 г.

### Заключение

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И. В. Гребенщикова Российской академии наук (ИХС РАН).

Диссертация «Синтез и исследование твёрдых электролитов на основе  $ZrO_2$ ,  $SeO_2$  и  $BaCe(Zr)O_3$ , легированных оксидами магния, иттрия и гадолиния» выполнена в лаборатории неорганического синтеза ИХС РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Симоненко Татьяна Леонидовна работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И. В. Гребенщикова Российской академии наук, Федеральное агентство научных организаций, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, в должности инженера-исследователя (2013-2015 г.), младшего научного сотрудника (с 2015 г. – по настоящее время).

В 2013 г. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» с присуждением квалификации «Инженер» по специальности «Химическая технология монокристаллов, материалов и изделий электронной техники».

С 04.08.2014 по настоящее время является аспирантом очной формы обучения по специальности 02.00.04 – физическая химия (приказ № 99-к от 04.08.2014).



Диплом об окончании аспирантуры 01/ИХС выдан 18 июня 2018 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Ордена Трудового Красного Знамени Институтом химии силикатов им. И. В. Гребенщикова Российской академии наук.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук планируется к защите в совете Д 002.107.01, созданном при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ордена Трудового Красного Знамени Институте химии силикатов им. И. В. Гребенщикова Российской академии наук, Федеральное агентство научных организаций, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор химических наук, профессор Шилова Ольга Алексеевна. Работает главным научным сотрудником, ИХС РАН, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертационная работа Симоненко Татьяны Леонидовны на тему «Синтез и исследование твёрдых электролитов на основе  $ZrO_2$ ,  $CeO_2$  и  $BaCe(Zr)O_3$ , легированных оксидами магния, иттрия и гадолиния» выполнена в соответствии с основными направлениями фундаментальных научных исследований Российской академии наук в рамках планов научных исследований ИХС РАН 2013-2015 г. (гос. регистрация № 01201353828) и 2016-2018 г. (гос. регистрация № АААА-А16-116020210286-1). Проведенные исследования поддержаны грантами РФФИ №15-33-51237 мол\_нр (автор – исполнитель по проекту), №17-03-01201 а (автор – исполнитель по проекту); грантом Правительства Санкт-Петербурга для студентов, аспирантов, молодых ученых, молодых кандидатов наук (в соответствии с распоряжением Комитета по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга от 17.11.2017 №167; диплом ПСП №17645; автор – руководитель проекта).

### **Актуальность**

Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки новых подходов к синтезу и исследованию твердых растворов на основе  $CeO_2$ ,  $ZrO_2$  и  $BaCe(Zr)O_3$ , легированных оксидами магния, иттрия и гадолиния, в виде нанопорошков, тонких плёнок и объёмных материалов, являющихся практически востребованными в различных областях современного материаловедения: энергетика, хемосенсорика, электроника, оптика, катализ и др.



### **Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации**

Лично автором проведен обзор тематической литературы; синтезированы все исследуемые нанопорошки, оптимизированы методики их консолидации методом холодного прессования с последующим спеканием и получены объемные твердые электролиты; измерены их относительная плотность и открытая пористость; изучены электрофизические свойства полученных объемных электролитов двухконтактным методом на постоянном токе, а также методом Веста-Таллана. Автор принимал непосредственное участие в синтезе гетеролигандных комплексов церия и иттрия и получении с их использованием тонкопленочных электролитных материалов, а также обработке, интерпретации и обобщении полученных в ходе исследования результатов, подготовке всех публикаций.

### **Степень достоверности результатов проведенных исследований**

Достоверность результатов основана на 1) применении современных физико-химических методов исследования, таких как низкотемпературная адсорбция азота, синхронный термический анализ, ИК-спектроскопия, ротационная вискозиметрия, малоугловое рассеяние нейтронов, рентгенофазовый анализ, растровая электронная и сканирующая зондовая микроскопия, метод поперечных насечек для измерения адгезии тонких пленок, гидростатическое взвешивание, двухконтактный и четырехзондовый метод на постоянном токе для измерения электропроводности, импедансная спектроскопия, метод Веста-Таллана для определения чисел ионного и электронного переноса, исследование хемосенсорных свойств тонкопленочных материалов; 2) корректном использовании современного научного оборудования; 3) воспроизводимости и согласованности полученных данных.

### **Научная новизна результатов исследования**

Разработаны физико-химические основы синтеза оксидных нанопорошков состава  $(\text{ZrO}_2)_{0,92}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0,03}(\text{Gd}_2\text{O}_3)_{0,03}(\text{MgO})_{0,02}$ ,  $(\text{CeO}_2)_{1-x}(\text{Y}_2\text{O}_3)_x$  ( $x = 0,10; 0,15; 0,20$ ),  $(\text{CeO}_2)_{1-x}(\text{Gd}_2\text{O}_3)_x$  ( $x = 0,03; 0,05; 0,07; 0,10$ ) методами совместного осаждения гидроксидов металлов с элементами криотехнологии и совместной кристаллизации солей. На примере системы  $\text{CeO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$  проведено сравнительное исследование по определению влияния данных методов синтеза на дисперсность, фрактальную размерность, удельную площадь поверхности и структуру пор получаемых нанопорошков, а также микроструктуру, плотность и электрические свойства объемных электролитов, формируемых на их основе.

Разработана методика получения нового высокотемпературного твердого электролита состава  $(\text{ZrO}_2)_{0,92}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0,03}(\text{Gd}_2\text{O}_3)_{0,03}(\text{MgO})_{0,02}$ , характеризующегося более высокой ионной



проводимостью ( $\sigma_{800^\circ\text{C}} = 8,2 \cdot 10^{-1}$  См/см) по сравнению с традиционно используемым  $(\text{ZrO}_2)_{0,92}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0,08}$ .

С помощью искрового плазменного спекания синтезированных нанопорошков состава  $(\text{CeO}_2)_{1-x}(\text{Y}_2\text{O}_3)_x$  ( $x = 0,10; 0,15; 0,20$ ) получены среднетемпературные твёрдые электролиты и выявлены зависимости их физико-химических свойств (фазовый состав, средний размер ОКР и частиц, микроструктура, относительная плотность, открытая пористость, электропроводность) от химического состава. Показано, что данный метод по сравнению с холодным прессованием с последующим спеканием является более энергоэффективной технологией консолидации, позволяющей существенно сократить время (до 5-10 минут) и температуру (на 300 градусов) получения твердых электролитов в системе  $\text{CeO}_2\text{--Y}_2\text{O}_3$  с сохранением их наноразмерности, а также улучшенными (в 1,5-2 раза) значениями электропроводности.

Изучен процесс консолидации нанопорошков состава  $\text{BaCe}_{0,9-x}\text{Zr}_x\text{Y}_{0,1}\text{O}_{3-\delta}$  ( $x = 0; 0,5; 0,6; 0,7$  и  $0,8$ ), синтезированных цитрат-нитратным методом, с использованием искрового плазменного спекания, в результате чего показана возможность создания соответствующих объёмных твёрдых электролитов при существенном сокращении времени процесса (5 минут при максимальной температуре) и снижении температуры консолидации на 600-700 градусов ( $900^\circ\text{C}$ ) по сравнению с традиционно применяемыми при сохранении требуемой величины электропроводности ( $\sigma_{550^\circ\text{C}} \approx 10^{-4} - 10^{-3}$  См/см).

Оптимизированы условия получения тонкоплёночных твёрдых электролитов состава  $(\text{CeO}_2)_{1-x}(\text{Y}_2\text{O}_3)_x$  ( $x = 0,10; 0,15; 0,20$ ) с помощью золь-гель технологии, основанной на применении в качестве прекурсоров гидролитически активных гетеролигандных комплексов состава  $[\text{M}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_{3-x}(\text{OR})_x]$  (где  $\text{M} = \text{Ce}^{3+}$  и  $\text{Y}^{3+}$ ). В результате исследования электрофизических и микроструктурных характеристик полученных планарных наноструктур показана перспективность их применения в качестве компонентов ТОТЭ и рецепторных слоёв резистивных газовых сенсоров на кислород, а также установлено влияние химического состава материалов на их функциональные свойства (микроструктура, дисперсность, электропроводность, величина и время отклика на кислород).

#### **Научная и практическая значимость**

Разработанные энергоэффективные методики совместного осаждения гидроксидов металлов с элементами криотехнологии, совместной кристаллизации солей, цитрат-нитратного синтеза и золь-гель технологии позволят снизить энергозатраты путем снижения температуры синтеза оксидных нанопорошков сложного химического состава и их консолидации при получении объёмных и тонкоплёночных керамических наноматериалов с



требуемыми конструкционными и функциональными характеристиками (плотность, структура пор, механические и теплофизические свойства, тип и величина электропроводности), которые являются востребованными при создании компонентов альтернативных источников энергии – электролитов и электродов ТОТЭ, суперконденсаторов, рецепторных слоев резистивных газовых сенсоров, фотоанодов солнечных элементов и др.

Полученный в ходе исследования твердый электролит состава  $(\text{ZrO}_2)_{0,92}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0,03}(\text{Gd}_2\text{O}_3)_{0,03}(\text{MgO})_{0,02}$  благодаря высоким значениям кислород-ионной проводимости ( $\sigma_{800^\circ\text{C}} = 8,2 \cdot 10^{-1}$  См/см) и относительной плотности (92%), а также достаточно низкой величине открытой пористости (5%) может эффективно применяться в качестве высокотемпературного твердого электролита ТОТЭ, что дополнительно подтверждается полученным патентом РФ на изобретение. Исследованные материалы в системах  $\text{CeO}_2\text{--Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CeO}_2\text{--Gd}_2\text{O}_3$  и  $\text{BaO--CeO}_2\text{--ZrO}_2\text{--Y}_2\text{O}_3$ , обладающие высокой кислород-ионной ( $\sigma_{700^\circ\text{C}} \sim 10^{-2}$  См/см) и протонной (в случае цератов и цирконатов бария) проводимостью ( $\sigma_{550^\circ\text{C}} \sim 10^{-4}\text{--}10^{-3}$  См/см), могут быть рекомендованы в качестве среднетемпературных твердых электролитов, которые позволят снизить рабочие температуры ТОТЭ в среднем на 300-400 градусов. Изученные в работе тонкопленочные твердые электролиты в системе  $\text{CeO}_2\text{--Y}_2\text{O}_3$  могут использоваться как компоненты среднетемпературных электролитов ТОТЭ планарного типа (о чем свидетельствуют низкие значения энергии активации электропроводности – около 0,6 эВ), а также в качестве рецепторных слоёв резистивных газовых сенсоров на кислород с высокой скоростью отклика (8-14 с) при достаточно низких рабочих температурах (300-450°C).

Результаты выполненного исследования также вносят существенный вклад в развитие физической и неорганической химии, дополняя научные знания в области направленного синтеза оксидных нанопорошков сложного состава, а также получения объёмных и тонкопленочных твердых электролитов.

Ценность научных работ соискателя заключается в установленных закономерностях при синтезе оксидных нанопорошков состава  $(\text{ZrO}_2)_{0,92}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0,03}(\text{Gd}_2\text{O}_3)_{0,03}(\text{MgO})_{0,02}$ ,  $(\text{CeO}_2)_{1-x}(\text{Y}_2\text{O}_3)_x$  ( $x = 0,10; 0,15; 0,20$ ),  $(\text{CeO}_2)_{1-x}(\text{Gd}_2\text{O}_3)_x$  ( $x = 0,03; 0,05; 0,07; 0,10$ ) методами совместного осаждения гидроксидов металлов с элементами криотехнологии и совместной кристаллизации солей; разработанной методике получения высокотемпературного твердого электролита состава  $(\text{ZrO}_2)_{0,92}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0,03}(\text{Gd}_2\text{O}_3)_{0,03}(\text{MgO})_{0,02}$ , характеризующегося более высокой ионной проводимостью ( $\sigma_{800^\circ\text{C}} = 8,2 \cdot 10^{-1}$  См/см) по сравнению с традиционно используемым  $(\text{ZrO}_2)_{0,92}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0,08}$ ; разработанной энергоэффективной методике получения



среднетемпературных твёрдых электролитов состава  $(\text{CeO}_2)_{1-x}(\text{Y}_2\text{O}_3)_x$  ( $x = 0,10; 0,15; 0,20$ ) путём искрового плазменного спекания синтезированных нанопорошков и выявленных зависимостях их физико-химических свойств (фазовый состав, средний размер ОКР и частиц, микроструктура, относительная плотность, открытая пористость, электропроводность) от химического состава; разработанной методике консолидации нанопорошков состава  $\text{BaCe}_{0,9-x}\text{Zr}_x\text{Y}_{0,1}\text{O}_{3-\delta}$  ( $x = 0; 0,5; 0,6; 0,7$  и  $0,8$ ), синтезированных цитрат-нитратным методом, с использованием искрового плазменного спекания, в результате чего показана возможность создания соответствующих объёмных твёрдых электролитов при существенном сокращении времени процесса (5 минут при максимальной температуре) и снижении температуры консолидации на 600-700 градусов ( $900^\circ\text{C}$ ) по сравнению с традиционно применяемыми при сохранении требуемой величины электропроводности ( $\sigma_{550^\circ\text{C}} \approx 10^{-4} - 10^{-3} \text{ См/см}$ ); оптимизации условий получения тонкоплёночных твёрдых электролитов состава  $(\text{CeO}_2)_{1-x}(\text{Y}_2\text{O}_3)_x$  ( $x = 0,10; 0,15; 0,20$ ) с помощью золь-гель технологии, основанной на применении в качестве прекурсоров гидролитически активных гетеролигандных комплексов состава  $[\text{M}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_{3-x}(\text{OR})_x]$  (где  $\text{M} = \text{Ce}^{3+}$  и  $\text{Y}^{3+}$ ), а также в исследовании электрофизических и микроструктурных характеристик полученных планарных наноструктур, в результате чего показана перспективность их применения в качестве компонентов ТОТЭ и рецепторных слоёв резистивных газовых сенсоров на кислород.

#### **Специальность, которой соответствует диссертация**

Диссертация Симоненко Татьяны Леонидовны соответствует паспорту специальности 02.00.04 – физическая химия (П. 5 – Изучение физико-химических свойств систем при воздействии внешних полей, а также в экстремальных условиях высоких температур и давлений; П. 10 – Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями осуществления химической реакции; П. 11 – Физико-химические основы процессов химической технологии).

#### **Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем**

Основное содержание диссертационной работы представлено в 22 публикациях, включая 5 статей в рецензируемых научных журналах из Перечня ВАК, 1 патент на изобретение и 16 тезисов докладов.

#### **Статьи в рецензируемых научных журналах:**

1. **Егорова, Т. Л.** Исследование влияния методов жидкофазного синтеза нанопорошков на структуру и физико-химические свойства керамики в системе  $\text{CeO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$  / Т. Л. Егорова, М. В. Калинина, Е. П. Симоненко, Н. П. Симоненко, Г. П. Копица, О. В. Глумов, Н. А. Мельникова, И. В. Мурин, L. Almásy, О. А. Шилова // Журнал неорганической химии. – 2017. – Т.62. – №10. – С. 1283-1293.



2. **Егорова, Т. Л.** Жидкофазный синтез и физико-химические свойства ксерогелей, нанодисперсных порошков и тонких пленок на основе системы  $\text{CeO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$  / Т. Л. Егорова, М. В. Калинина, Е. П. Симоненко, Н. П. Симоненко, О. А. Шилова, В. Г. Севастьянов, Н. Т. Кузнецов // Журнал неорганической химии. – 2016. – Т.61. – №9. – С. 1115-1124.
3. Калинина, М. В Синтез и физико-химические свойства твердооксидного нанокompозита на основе системы  $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  / М. В. Калинина, Л. В. Морозова, **Т.Л. Егорова**, М.Ю. Арсентьев, И.А. Дроздова, О.А Шилова. // Физика и химия стекла. – 2016 – Т.42. – №5. – С. 86-95.
4. Арсентьев, М. Ю. Формирование и исследование сенсорных тонких слоев на основе оксидов циркония, редкоземельных элементов (Ce, Y, Tb) и получение МОП структур на их основе / М. Ю. Арсентьев, М. В. Калинина, П. А. Тихонов, Л. В. Морозова, **Т. Л. Егорова**, О. А. Шилова // Физика и химия стекла. – 2014. – Т. 40. – № 6. – С. 820-826.
5. **Simonenko, T. L.** Synthesis and physicochemical properties of nanopowders and ceramics in a  $\text{CeO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$  system / T. L. Simonenko, M. V. Kalinina, N. P. Simonenko, E. P. Simonenko, T. V. Khamova, O. A. Shilova // Glass Physics and Chemistry. – 2018. – Vol. 44. – No. 4. – P. 314-321.

Патент на изобретение:

6. Пат. 2614322 РФ, МПК<sup>51</sup> H01M 8/12, C04B 35/48, C04B 35/622, C01G 25/02, C01F 17/00, C01F 5/00 Способ жидкофазного синтеза многокомпонентного керамического материала в системе  $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  для создания электролита твердооксидного топливного элемента / Л. В Морозова, М. В. Калинина, **Т. Л. Егорова**, О. А. Шилова – Заявл. 29.12.2015; опубл. 24.03.2017, Бюл. № 9.

Тезисы докладов научных конференций:

7. Арсентьев, М.Ю. Формирование и исследование сенсорных тонких слоев на основе оксидов циркония, редкоземельных элементов и получение МОП (металл-оксид-полупроводник) – структур на их основе / М. Ю. Арсентьев, М.В. Калинина, П.А. Тихонов, Л.В. Морозова, **Т.Л. Егорова**, И.И. Хламов, О.А. Шилова / Сборник тезисов Третьей международной конференции стран СНГ Золь-гель синтез и исследование неорганических соединений, гибридных функциональных материалов и дисперсных систем «Золь-гель-2014» (8-12 сентября 2014 г., Суздаль). – Иваново.: ОАО Изд-во "Иваново", 2014. – С.66.
8. **Егорова, Т.Л.** Синтез и физико-химические свойства композиционных наноматериалов на основе оксидов  $\text{ZrO}_2$  и  $\text{CeO}_2$  для альтернативной энергетики / Т. Л. Егорова // Сборник тезисов XV Всероссийской молодежной научной конференции с элементами научной школы – «Функциональные материалы: синтез, свойства, применение» (10-12 декабря 2014 г., Санкт-Петербург). – СПб.: ООО Изд-во «ЛЕМА», 2014. – С. 81-82.
9. **Егорова, Т.Л.** Синтез и физико-химические свойства композиционных наноматериалов на основе оксидов Zr и Ce функционального назначения / Т.Л. Егорова, М.В. Калинина, Л.В. Морозова, С.М. Богданов, И.Г. Полякова, И.А. Дроздова, О.А. Шилова // Сборник тезисов V научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Неделя науки-2015» (25-27 марта 2015 г., Санкт-Петербург). – СПб.: Изд-во СПбГТИ(ТУ), 2015 – С. 228.
10. Богданов, С. М. Синтез и физико-химические свойства композиционных наноматериалов на основе оксидов переходных металлов и  $\text{ZrO}_2$  для альтернативной энергетики / С. М. Богданов, **Т. Л. Егорова**, М. В. Калинина, Л. В. Морозова, О. А. Шилова // Сборник тезисов III Научно-технической конференции с международным



- участием «Наука настоящего и будущего» для студентов, аспирантов и молодых ученых (12-13 марта 2015 г., Санкт-Петербург). – Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015 – С.166-168.
11. **Егорова, Т.Л.** Синтез и физико-химические свойства твердого электролита на основе системы  $ZrO_2-Y_2O_3-Gd_2O_3-MgO$  / Т.Л. Егорова, М.В. Калинина, Л.В. Морозова, М.Ю. Арсентьев, О.А. Шилова // Сборник тезисов Региональной конференции «Инновационно - технологическое сотрудничество в области химии для развития Северо-Западного Региона России» (22-23 октября 2015 г., Санкт-Петербург). – СПб.: ООО Изд-во «ЛЕМА», 2015 г. – С.25.
12. **Егорова, Т.Л.** Синтез и электротранспортные свойства нанокompозитных материалов на основе системы  $SeO_2-Gd_2O_3$  для твердооксидных топливных элементов / Т.Л. Егорова, М. В. Калинина, Л. В. Морозова, М. Ю. Арсентьев, О. А. Шилова // Сборник материалов Форума «Новые материалы. Дни науки. Санкт-Петербург-2015» (20-22 октября 2015 г., Санкт-Петербург). – М.: ООО «БУКИ ВЕДИ», 2015. – С.142-144.
13. Калинина, М.В. Керамические электролитные наноматериалы с кислородно-ионной проводимостью для твердооксидных топливных элементов / М. В. Калинина, Л.В. Морозова, Т. Л. Егорова, М. Ю. Арсентьев, О. А. Шилова // Сборник тезисов 10-ой Всероссийской конференции Физико-химические проблемы возобновляемой энергетики (16-18 ноября 2015 г., Санкт-Петербург). – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – С.74-75.
14. **Егорова, Т.Л.** Синтез и исследование электродных наноматериалов на основе оксидов переходных элементов для средне- и высокотемпературных топливных элементов / Т.Л. Егорова, М. В. Калинина, Л. В. Морозова, О. А. Шилова // Сборник тезисов Международного симпозиума «Химия для биологии, медицины, экологии и сельского хозяйства» (24-26 ноября 2015 г., Санкт-Петербург). СПб.: ИХС РАН – 2015 г. – С.128-129.
15. **Егорова, Т.Л.** Синтез высокодисперсных порошков и керамических наноматериалов на основе  $SeO_2$  разными химическими методами и исследование их свойств. / Егорова Т.Л., М. В. Калинина, Е. П. Симоненко, Н. П. Симоненко, О. А. Шилова // Материалы научной конференции «Неорганическая химия - фундаментальная основа в материаловедении керамических, стеклообразных и композиционных материалов», посвященной 80-летию Института химии силикатов им. И. В. Гребенщикова РАН (4-5 марта 2016 г., Санкт-Петербург). – СПб.: ООО Изд-во «ЛЕМА», 2016. – С. 56-59.
16. **Егорова, Т. Л.** Синтез и исследование оксидных электролитных материалов на основе диоксида церия. / Т. Л. Егорова, М. В. Калинина, Г. П. Копица, О. А. Шилова // Сборник тезисов I Школы ПИЯФ по физике конденсированного состояния (ФКС-2016), (14-19 марта 2016 г., Санкт-Петербург). – Гатчина.: ФГБУ «ПИЯФ» НИЦ «Курчатовский институт», 2016. – С.97.
17. **Егорова, Т.Л.** Разработка и исследование керамических наноматериалов на основе  $SeO_2$  как компонентов среднетемпературных твердооксидных топливных элементов. / Т.Л. Егорова, М. В. Калинина, Л. В. Морозова, О. А. Шилова // Материалы VI Научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием) «НЕДЕЛИ НАУКИ-2016» (30 марта-1 апреля 2016 г., Санкт-Петербург). – СПб.: Изд-во СПбГТИ(ТУ), 2016. – С. 267.
18. **Егорова, Т.Л.** Разработка и исследование керамических наноматериалов на основе  $SeO_2$  как компонентов среднетемпературных твердооксидных топливных элементов / Т.Л. Егорова, М. В. Калинина, О. А. Шилова // Сборник тезисов Региональная конференции «Инновационно - технологическое сотрудничество в области химии для развития Северо-Западного Региона России» (5-7 октября 2016 г., Санкт-Петербург). – СПб.: ООО Изд-во «ЛЕМА», 2016. – С.41.
19. **Егорова, Т.Л.** Создание новых электролитных материалов в системе  $SeO_2-Y_2O_3$  с использованием альтернативных методов жидкофазного синтеза. / Т. Л. Егорова, М.В. Калинина, Е.П. Симоненко, Н.П. Симоненко, Г. П. Копица, О. А. Шилова // Сборник



- тезисов Четвертой всероссийской конференции с международным участием «Топливные элементы и энергоустановки на их основе» (25-29 июня, 2017г., Суздаль). 2017 г. – С.57.
20. **Симоненко, Т.Л.** Создание нанокристаллических твердых электролитов в системе  $\text{CeO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$  как перспективных компонентов среднетемпературных топливных элементов / Т. Л. Симоненко // Сборник тезисов XVI Молодежной научной конференции ИХС РАН (5-6 декабря 2017 г., Санкт-петербург). – СПб.: ООО Изд-во «ЛЕМА», 2016. – С.34.
21. **Симоненко, Т. Л.** Исследование процесса консолидации среднетемпературных электролитных наноматериалов в системе  $\text{CeO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$  методами искрового плазменного спекания и холодного прессования с последующим спеканием / Т. Л. Симоненко, М. В. Калинина, Н. П. Симоненко, Е. П. Симоненко, О. В. Глумов, Н. А. Мельникова, И. В. Мурин, О. О. Шичалин, Е. К. Папынов, О.А. Шилова // Сборник тезисов Всероссийской конференции с международным участием «Химия твердого тела и функциональные материалы» и XII Всероссийского симпозиума с международным участием «Термодинамика и материаловедение» (21-27 мая 2018 г., Санкт-Петербург). – СПб.: «НОВЫЙТИМ», 2018. – С.318.
22. **Симоненко, Т. Л.** Получение нанопорошков состава  $\text{BaCe}_{1-x}\text{Y}_x\text{O}_{3-\delta}$  и их консолидация методом искрового плазменного спекания при создании протонпроводящих твердых электролитов / Т. Л. Симоненко, М. В. Калинина, Н. П. Симоненко, Е. П. Симоненко, О. В. Глумов, Н. А. Мельникова, И. В. Мурин, О. О. Шичалин, Е. К. Папынов, Шилова О.А. // Сборник тезисов X Международной научной конференции «Кинетика и механизм кристаллизации» в рамках кластера конференций 2018 (1-6 июля 2018 г., Суздаль). – С. 394.

Диссертация Симоненко Татьяны Леонидовны на тему «Синтез и исследование твердых электролитов на основе  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$  и  $\text{BaCe}(\text{Zr})\text{O}_3$ , легированных оксидами магния, иттрия и гадолиния» представляет собой самостоятельно выполненную автором научно-квалификационную работу, результаты которой обеспечивают решение важных фундаментальных и прикладных задач, вносят вклад в развитие физико-химических основ синтеза и исследования нанокристаллических объемных и тонкопленочных керамических электролитов на основе легированных оксидов циркония и церия, а также цератов и цирконатов бария, обладающих различными типами проводимости и рабочими температурами, в том числе для решения проблем энергетики, хемосенсорики и других областей. Она полностью соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 (в редакции от 21.04.2016), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

По результатам рассмотрения диссертации «Синтез и исследование твердых электролитов на основе  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$  и  $\text{BaCe}(\text{Zr})\text{O}_3$ , легированных оксидами магния, иттрия и гадолиния» принято следующее заключение:

Диссертация «Синтез и исследование твердых электролитов на основе  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$  и  $\text{BaCe}(\text{Zr})\text{O}_3$ , легированных оксидами магния, иттрия и гадолиния» Симоненко Татьяны

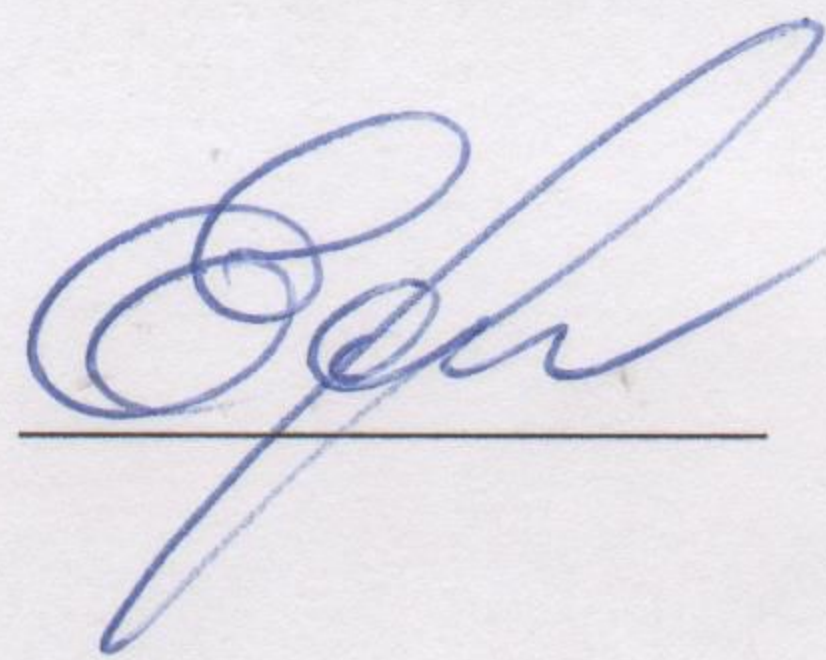


Леонидовны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Заключение принято на совместном заседании научно-методических советов «Разработка новых принципов и методов синтеза материалов и химических продуктов (в том числе наноматериалов). Химическая энергетика и экология» и «Исследование в области наночастиц, наноструктур и нанокомпозитов. гибридные органо-неорганические системы» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И. В. Гребенщикова Российской академии наук.

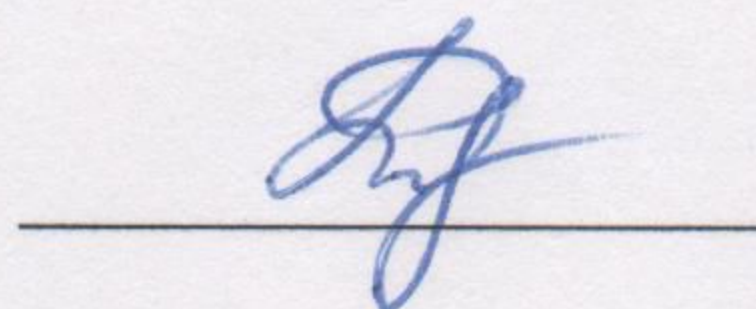
На совместном заседании научно-методических советов ИХС РАН №5 от «29» мая 2018 г. присутствовало 36 человек, в том числе докторов наук – 9 чел., кандидатов наук – 14 чел. Результаты открытого голосования: «за» – 36 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Председатель совместного  
заседания научно-  
методических советов ИХС  
РАН



Ефименко Л. П., д.х.н., врио зам.  
директора ИХС РАН по научной  
работе

Секретарь заседания



Хамова Т. В., к.х.н., ученый  
секретарь ИХС РАН