



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого»  
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279,  
ОКПО 02068574

Политехническая ул., 29, Санкт-Петербург, 195251  
тел.: +7(812)297 2095, факс: +7(812)552 6080  
office@spbstu.ru

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научно-  
организационной деятельности  
Санкт-Петербургского  
политехнического  
университета Петра Великого  
д.т.н. Ю. С. Клочков



11 2022г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Ершова Даниила Сергеевича «Синтез и исследование физико-химических свойств материалов в системах  $\text{MeO}$  ( $\text{Me}=\text{Sr}; \text{Ca}; \text{Pb}$ ) —  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  —  $\text{Me}_2'\text{O}_3$  ( $\text{Me}'=\text{Fe}; \text{Cr}$ )», представленную диссертационному совету 24.2.437.03 на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – «Физическая химия».

**Актуальность темы.** В настоящее время активно ведутся исследования различных оксидных систем с целью создания материалов на их основе для последующего использования в качестве электролитов, фотокатализаторов, компонентов электродов и т.д., с целью дальнейшего их применения в инновационных энергоэффективных производствах и энергосберегающих технологиях. В этой связи различные соединения висмута представляют несомненный интерес. Компактность, простота и надежность конструкций электрических ячеек с керамическими твердыми электролитами на основе этих соединений обуславливает интерес к поиску таких твердых электролитов, способных длительно и устойчиво функционировать в широком интервале температур.

Особый интерес исследователей вызывают материалы, включающие высокотемпературные модификации оксида висмута (III), обладающие ионной проводимостью, которые возможно использовать в широком интервале повышенных температур. В связи с этим, целый ряд работ посвящен исследованию возможности стабилизации этих модификаций

путём легирования оксида висмута оксидами других элементов и получению ряда твердых растворов с набором наперед заданных физико-химических свойств.

Тем не менее, на сегодняшний день проблема формирования сложных оксидов в тройных системах с участием оксида висмута изучена недостаточно, что обуславливает актуальность представленной работы.

Проведенные в работе Д.С.Ершова исследования, несомненно, дополняют информацию о взаимодействиях в некоторых из таких систем, что может использоваться в дальнейшем при создании конкретных материалов на их основе.

**Научная новизна.** В работе впервые методом сжигания получены композитные материалы, образующиеся в системах  $MeO$  ( $Me = Sr; Pb$ ) —  $Bi_2O_3$  —  $Fe_2O_3$  ( $Cr_2O_3$ ) определены оптимальные параметры синтеза соединений на основе оксида висмута в указанных системах, а также исследован набор их физико-химических свойств (в частности, электрических, и изучена фотокаталитическая активность полученных материалов).

Образцы, содержащие оксиды хрома, кальция и стронция, проявляют высокую ионную проводимость, что позволяет использовать их в качестве твердых электролитов в химических источниках тока; свинец содержащие образцы демонстрируют высокую фотокаталитическую активность, что позволяет автору рекомендовать их в качестве фотокатализаторов для очистки газовых сред.

**Практическая значимость.** Работа Д.С.Ершова направлена на расширение существующей базы данных для создания новых функциональных оксидных материалов с заданными свойствами.

Использование метода сжигания позволило значительно уменьшить необходимую длительность термообработки для получения целого ряда твердотельных материалов, а также обеспечило увеличение площади удельной поверхности этих материалов, что делает данный метод весьма перспективным.

Информация о фазах, формирующихся в ранее не исследованных концентрационных диапазонах представленных в работе тройных систем, представляет интерес для дальнейшего построения полных фазовых диаграмм для этих систем.

Материалы на основе сложных оксидов висмута, полученные в рамках работы Д.С.Ершова, можно предложить к применению в качестве кислород-проводящих (и смешанных) твердых электролитов в электрохимических устройствах.

## ОПИСАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ.

Диссертационная работа Д.С.Ершова выполнена в классическом стиле, состоит из введения, трех глав, заключения, списка сокращений и списка литературы. Работа изложена на 112 страницах, содержит 41 рисунок, 9 таблиц и 124 библиографические ссылки на литературные источники.

**Во введении** обосновывается актуальность темы исследования, характеризуется степень ее разработанности, определяются цели и задачи, а также выбор предмета и объектов исследования. Формулируются положения, выносимые на защиту.

**Глава 1** представляет собой литературный обзор работ, посвященных рассмотрению фазовых равновесий в бинарных системах, с участием оксида висмута, и описанию основных методов синтеза функциональных материалов на их основе. В главе проведен анализ работ, посвященных структурным особенностям твердых электролитов на основе оксидов висмута и свинца, содержащих оксиды щелочных и щелочноземельных металлов, их получению, свойствам и возможным областям их дальнейшего применения.

**Глава 2** содержит описание методов получения композитных материалов на основе рассматриваемых систем: 1) твердофазный синтез оксидов; 2) пиролиз цитратно-нитратных композиций; 3) пиролиз маннит-нитратных композиций. В главе приведены и проанализированы условия формирования существующих в системах фаз, описаны применяемые в ходе работы методы исследования (рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, электропроводность, исследование фотокаталитических свойств и др.).

**В главе 3** обсуждаются результаты исследования полученных твердых электролитов на основе оксида висмута, полученных в тройных системах  $MeO$  ( $Me = Sr; Ca; Pb$ ) —  $Bi_2O_3$  —  $Me_2'O_3$  ( $Me' = Fe; Cr$ ). Синтез всех образцов осуществлялся методами, приведенными выше.

**В заключении** сделаны основные выводы по результатам проведенных исследований. Полученные выводы соответствуют сформулированным задачам и поставленной цели.

Текст диссертации написан ясным и четким языком, работа в целом оформлена аккуратно, по этим вопросам претензий нет.

Все основные результаты получены различными современными физико-химическими методами, согласуются друг с другом и с

литературными данными по исследованным и близким системам и их достоверность сомнений не вызывает.

### **Тем не менее, по работе можно сделать ряд замечаний**

1. Из целей, сформулированных в работе, не совсем понятно, какие материалы хотел получить автор в итоге? Было ли основной целью получить фотокатализатор или твердый электролит с униполярной ионной проводимостью для дальнейшего практического применения? Если второе, то зачем автор использовал оксиды переходных металлов, присутствие которых изначально определяет наличие электронной составляющей проводимости, вредной для твердых электролитов?

2. Значения ширины запрещенной зоны для образцов, представленных в работе, находятся в области 2.8 эВ, в свою очередь, у промышленного фотокатализатора Aeroxide<sup>®</sup> TiO<sub>2</sub> P25 данное значение выше и находится в области 3.2 эВ. Можете ли автор объяснить, за счет чего промышленный материал имеет более высокую фотокаталитическую активность?

3. Используемый в работе органический краситель назван «модельным красителем». Какой вид «загрязнителя» моделировали посредством этого красителя?

4. В работе не сказано, являются ли полученные фотокатализаторы возобновляемыми. Проводился ли какой-либо эксперимент в этой связи?

Были и другие вопросы, замечания и пожелания, на которые Д.С.Ершов ответил в ходе своего устного доклада.

Указанные замечания в целом носят характер уточнений и пожеланий и не снижают положительной оценки представленной работы.

Диссертация по объему полученных данных и их обработке полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автореферат достаточно полно отражает основное содержание диссертации.

Количество публикаций в научных изданиях, рекомендованных ВАК 4 и включенных в международные научные базы данных Web of Science и Scopus (1 – Журнал неорганической химии, 1 – Журнал общей химии, 2 – Физика и химия стекла). Работа апробирована на всероссийских научных конференциях.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Результаты работы могут быть рекомендованы для использования в научных организациях и лабораториях, использующих методы сжигания для получения функциональных материалов, а также разрабатывающих фотокаталитические материалы.

Полученные в работе данные, несомненно, будут интересны для исследовательских групп Института общей и неорганической химии РАН, Белорусского государственного университета, Института высокотемпературной электрохимии Уральского отделения РАН, Физико-технического института имени А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербургского государственного университета, Дальневосточного федерального университета, Института Химии ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке учебных курсов по некоторым разделам современного материаловедения, физической химии и химии твердого тела.

**Заключение.** Диссертация Д.С. Ершова «Синтез и исследование физико-химических свойств материалов в системах  $MeO$  ( $Me=Sr; Ca; Pb$ ) —  $Bi_2O_3$  —  $Me_2'O_3$  ( $Me'=Fe; Cr$ )» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу. По актуальности решаемых задач, научной новизне и практической значимости основных результатов и выводов рассматриваемая диссертация полностью соответствует паспорту специальности 1.4.4 – «Физическая химия» по п. 9. «Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями протекания химической реакции», п. 11. «Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов», а также требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемыми к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук, а ее автор – Ершов Даниил Сергеевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. – «Физическая химия».

Отзыв, рассмотрен и утвержден на заседании кафедры прикладной химии Института материалов, машиностроения и транспорта Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого 15 ноября 2022 г. (протокол № 3).

Заместитель заведующего кафедрой  
Прикладной химии ИММиТ СПбПУ  
к.т.н., доцент

195251 СПб, Политехническая ул.,29,  
Химический корпус, каб.11.  
Тел.(812)552-65-23  
polyakova\_vv@spbstu.ru

