

*Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Российская академия наук  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Ордена Трудового Красного Знамени  
Институт химии силикатов им. И. В. Гребенщикова РАН*

**XX Молодежная научная конференция ИХС РАН  
«Функциональные Материалы:  
Синтез, Свойства, Применение»,  
посвященная 135-летию со дня рождения  
академика Ильи Васильевича Гребенщикова  
(1887-1953)**

**Сборник тезисов докладов**

5–6 декабря 2022 г.  
г. Санкт-Петербург

УДК 544  
ББК 24.5  
Ф94

**XX Молодежная научная конференция ИХС РАН, посвященная 135-летию со дня рождения академика И.В. Гребенщикова (1887-1953): Тезисы докладов конференции, г. Санкт-Петербург, 5–6 декабря 2022 г. – СПб: ЛЕМА, 2022. – 145 с.**

ISBN 978-5-00105-764-2

В сборнике представлены тезисы докладов XX Молодежной научной конференции ИХС РАН, посвященной 135-летию со дня рождения академика И.В. Гребенщикова (1887-1953).

Сборник может быть полезен для ученых, инженеров, технологов, преподавателей, аспирантов и студентов, деятельность которых связана с химическим синтезом и исследованием свойств функциональных материалов, стекол, неорганических и органо-неорганических и покрытий.

Издание осуществлено с оригинала, подготовленного Институтом химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН на основе MS Word файлов, представленных авторами докладов. Техническое редактирование касалось только ошибок, обусловленных дефектами подготовки исходных файлов.

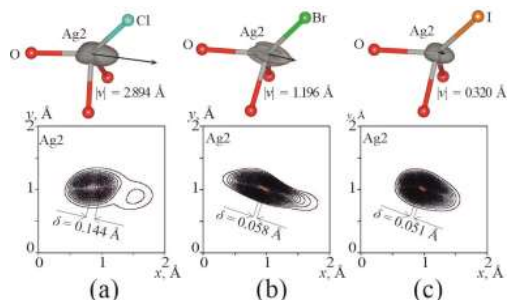
ISBN 978-5-00105-764-5

© Коллектив авторов, 2022  
© ООО «Издательство «ЛЕМА», 2022

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Илья Васильевич Гребенщиков</b>	11
<b>ДОКЛАДЫ УЧАСТНИКОВ КОНФЕРЕНЦИИ</b>	13
<b>ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СИСТЕМЕ <math>\text{CaO-SiO}_2</math> В УСЛОВИЯХ ГОРЕНИЯ РЕАКЦИОННЫХ СРЕД</b>	
Аввакумов Т.В., Вереницин А.И., Кириллова С.А., Альмяшев В.И.	13
<b>МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ СУДОВЫХ БАЛЛАСТОВЫХ ТАНКОВ</b>	
Агапов К.А., Плаксеева Е.И., Агиевич М.А., Грибанькова А.А.	14
<b>НОВЫЕ ДЫРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫЕ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ. РОЛЬ МОРФОЛОГИИ И ТЕКСТУРЫ ПЛЕНОК</b>	
Михеева А.Н., Теплякова М.М., Кузнецов И.Е., Сидельцев М.Е., Пирязев А.А., Анохин Д.В., Аккуратов А.В.	14
<b>ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ <math>\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2</math> В УСЛОВИЯХ РАСТВОРНОГО ГОРЕНИЯ</b>	
Ал Вало Вало, Альмяшева О.В.	15
<b>ПОИСК АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СЕЛЕКТИВНЫХ ГЕМОСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ</b>	
Аликина Ю.А., Бразовская Е.Ю., Василенко Н.М.	16
<b>ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИБРИДНЫХ ДЕНДРИМЕРОВ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ГЕНЕРАЦИЙ СО СТРУКТУРОЙ «КАРБОСИЛАНОВОЕ ЯДРО / ФЕНИЛЕНОВАЯ ОБОЛОЧКА»</b>	
Андропова М.С., Грачева А.С., Сологубов С.С., Маркин А.В., Смирнова Н.Н.	17
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ, ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОСТАВОВ СИСТЕМ <math>\text{BaO-Al}_2\text{O}_3</math>, <math>\text{SrO-Al}_2\text{O}_3</math>, <math>\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2</math> ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	
Балабанова Е.А., Тюрнина Н.Г., Лопатин С.И., Тюрнина З.Г., Полякова И.Г., Шугуров С.М.	19
<b>НОВЫЕ ЛЮМИНОФОРЫ <math>\text{V}_{0.3}\text{Lu}_{0.7}\text{O}_{18}:\text{Eu}^{3+}</math>: СИНТЕЗ, СТРУКТУРА, СВОЙСТВА</b>	
Бирюков Я.П., Бубнова Р.С., Поволоцкий А.В.	20
<b>СОСТАВ, СТРУКТУРА, МАГНИТНЫЕ И ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКСОБОРАТА ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ АЗОПРОИТА</b>	
Бирюков Я.П., Левашова И.Л., Зиннатуллин А.Л., Шаблинский А.П.	21
<b>ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРОКСИЛКЛИНОГУМИТА</b>	
Бирюков Я.П., Левашова И.Л., Бубнова Р.С.	22
<b>СИНТЕЗ ВЫСОКФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТИЛСИЛЕСЕКВИОКСАНОВЫХ ОЛИГОМЕРОВ И ИХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ СВОЙСТВА</b>	
Борисова Д.М., Калинина А.А., Ежова А.А.	22
<b>ТОНКИЕ ПЛЕНКИ ОКСИДА ЦИНКА, ДОПИРОВАННЫЕ ИОНАМИ ЛАНТАНОИДОВ И ДЕТОНАЦИОННЫМИ НАНОАЛМАЗАМИ, С УЛУЧШЕННЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ</b>	
Борулева Е.А., Лобанов А.В.	24
<b>ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ХАЛЬКОГЕНИДОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ</b>	
Бурцев А.А., Киселев А.В., Михалевский В.А., Ионин В.В., Елисеев Н.Н., Невзоров А.А., Лотин А.А.	25
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ОКСОХЛОРИДНЫХ СВИНЦОВОСИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ И СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ ИК-ЛЮМИНОФОРОВ</b>	
Бутенков Д.А., Сластихина А.М., Рунина К.И., Петрова О.Б.	26

<b>ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НАНОТРУБОК <math>\text{Ni}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4</math> С РАСТВОРАМИ СОЛЕЙ КОБАЛЬТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ</b>	
Быстревский И.Д., Гатина Э.Н., Масленникова Т.П.	28
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ СЛОИСТЫХ СИЛИКАТОВ В ОТНОШЕНИИ МАРКЕРОВ ЭНДОГЕННОЙ ИНТОКСИКАЦИИ</b>	
Василенко Н.М.	29
<b>ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ НАНОСЛОЕВ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ НИОБАТОВ <math>\text{Nb}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}</math> (<math>\text{B} = \text{Ca}, \text{Sr}</math>)</b>	
Войтович В.В., Курносенко С.А., Силоков О.И., Родионов И.А., Зверева И.А.	30
<b>НОВОЕ СЕМЕЙСТВО ГЕПТАБОРАТОВ <math>\text{Ag}_4\text{B}_7\text{O}_{12}\text{X}</math> (<math>\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}</math>): СРАВНИТЕЛЬНАЯ КРИСТАЛЛОХИМИЯ, СТАБИЛЬНОСТЬ, ТОПОЛОГИЯ И АНГАРМОНИЗМ</b>	
Волков С.Н., Чаркин Д.О., Фирсова В.А., Манелис Л.С., Арсентьев М.Ю., Уголков В.Л., Бубнова Р.С.	31
<b>ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ <math>\text{Cs}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3</math> ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ</b>	
Ворожцов В.А., Фёдорова А.В., Лопатин С.И., Шугуров С.М., Шилов А.Л., Столярова В.Л.	32
<b>СОДОПИРОВАННЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ СОСТАВА <math>\text{Zn}</math>, М-НАР (<math>\text{M} = \text{Cu}, \text{Ni}, \text{Co}</math>): СТРУКТУРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ</b>	
Восканян Л.А., Бобрышева Н.П., Осмоловский М.Г., Вознесенский М.А., Осмоловская О.М.	33
<b>ВЛИЯНИЕ ТРОПИЧЕСКОГО КЛИМАТА НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРГАНОСИЛИКАТНЫХ ПОКРЫТИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ОКСИД ЖЕЛЕЗА</b>	
Вошиков В.И., Красильникова Л.Н., Chi Văn Nguyễn, Шилова О.А.	34
<b>СУБМИКРОННЫЕ ВОЛОКНА ОКСИДА НИКЕЛЯ КАК ОСНОВА ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СЕНСОРОВ</b>	
Гайнуллин Р.Р., Низамеева Г.Р., Иванова А.А., Лебедева Э.М.	36
<b>ФОРМИРОВАНИЕ Тi-СОДЕРЖАЩИХ ГИДРОСИЛИКАТОВ МАГНИЯ ТРУБЧАТОЙ МОРФОЛОГИИ</b>	
Гатина Э.Н., Уголков В.Л., Масленникова Т.П.	37
<b>РАЗРАБОТКА ПОКРЫТИЙ С ГИДРОФОБНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНО-УРЕТАНО-СИЛОКСАНОВЫХ СВЯЗУЮЩИХ</b>	
Голубева Н.К., Кондратенко Ю.А., Кочина Т.А.	38
<b>МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПРОВОЛОКИ СПЛАВА <math>\text{Al-Y-Sc-Er}</math></b>	
Горлов Л.Е., Барков Р.Ю.	40
<b>СИНТЕЗ, ХАРАКТЕРИСТИКА И СВОЙСТВА ВОЛОКНИСТЫХ СТРУКТУР ОКСИДА ЦЕРИЯ(IV), МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА</b>	
Гурьев Н.В., Исаева Е.И., Старицын М.В.	41
<b>СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ КАРБОКСИЛ- И ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИАМИДОИМИДОВ</b>	
Данилова К.В., Лебедева Г.К., Примаченко О.Н., Губанова Г.Н., Кононова С.В.	43
<b>НОВЫЕ КРАСИОИЗЛУЧАЮЩИЕ ЛЮМИНОФОРЫ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ <math>\text{BaBi}_{2-x}\text{Sm}_x\text{B}_2\text{O}_7</math></b>	
Демина С.В., Шаблинский А.П., Бубнова Р.С., Поволоцкий А.В., Филатов С.К.	46
<b>ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ МИНЕРАЛА ЛЕЙТОНИТА <math>\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Cu}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math> (ВУЛКАН ТОЛБАЧИК, КАМЧАТКА, РОССИЯ)</b>	
Демина С.В., Шаблинский А.П., Филатов С.К., Вергасова Л.П.	45



**Рис. 2.** Ангармонизм атома  $\text{Ag}_2$  в кристаллической структуре  $\text{Ag}_4\text{B}_7\text{O}_{12}\text{X}$ ,  $\text{X} =$  (a) Cl, (b) Br, (c) I. Сверху дан вектор кривизны и указана его длина. Снизу показаны соответствующие 2D карты плотности вероятности и расстояние между положением атома и положением максимума распределения

Кристаллическая структура  $\text{Ag}_4\text{B}_7\text{O}_{12}\text{X}$  образована борокислородными слоевыми пакетами, внутри которых расположены атомы серебра и галоген-иона (рис. 1). Объем ячейки увеличивается почти линейно с увеличением радиуса галоген-иона, а ширина запрещенной зоны уменьшается в ряду  $\text{Cl} \rightarrow \text{Br} \rightarrow \text{I}$ . Немного неожиданным является изменение других свойств: с увеличением радиуса галогена уменьшается объемное тепловое расширение и его анизотропия, а температура плавления растет. Примечательно, что ангармонизм в  $\text{Ag}_4\text{B}_7\text{O}_{12}\text{Cl}$  сильнее, чем в  $\text{Ag}_4\text{B}_7\text{O}_{12}\text{I}$  (рис. 2). Скорее всего, такие закономерности кристаллохимии данного семейства связано с дестабилизацией кристаллического строения в ряду  $\text{I} \rightarrow \text{Br} \rightarrow \text{Cl}$ . Это обусловлено размерным несоответствием между борокислородной решеткой хозяина и серебро-галогенной подрешеткой гостя.

Сложность кристаллических структур уменьшается в ряду  $\text{Cl} \rightarrow \text{Br} \rightarrow \text{I}$ , что связано с уменьшением степени беспорядка серебро-галогенной подрешетки. Соответственно, в этом ряду растет степень конфигурационной энтропии, в результате чего уменьшается энергия Гиббса. Как результат, структура  $\text{Ag}_4\text{B}_7\text{O}_{12}\text{I}$  более стабильна, чем  $\text{Ag}_4\text{B}_7\text{O}_{12}\text{Cl}$ .

1. Mutailipu M., Poppelmeier K.R., Pan S. Borates: A Rich Source for Optical Materials // Chem. Rev. 2021, V. 121, № 3, P. 1130-1202.

2. Krivovichev S.V., Krivovichev V.G., Hazen R.M., et al. Structural and Chemical Complexity of Minerals: An Update. // Mineral. Mag. 2022. V. 86. № 2. P. 183-204.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект №\_21-73-00216).*

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ $\text{Cs}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Ворожцов В.А.<sup>1,2</sup>, Фёдорова А.В.<sup>2</sup>, Лопатин С.И.<sup>1,2</sup>, Шугуров С.М.<sup>2</sup>, Шилов А.Л.<sup>1,2</sup>, Столярова В.Л.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия  
st011089@student.spbu.ru

В настоящей работе процессы испарения и термодинамические свойства системы  $\text{Cs}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$  изучены методом высокотемпературной масс-спектрометрии. Образцы для исследования были получены методами твердофазного синтеза и глицин-нитратного горения и охарактеризованы методами рентгенофлуоресцентного и рентгенофазового анализа.

Процессы испарения и термодинамические свойства керамики на основе системы  $\text{Cs}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$  изучены на масс-спектрометре MS-1301 с использованием молибденовой эффузионной камеры. Начиная с температуры 800 К из исследованных образцов наблюдался переход в пар  $\text{Cs}_2\text{O}$  в виде атомарного цезия и кислорода. Получены температурные зависимости парциальных давлений пара Cs над образцами, содержащими 33 мол. %  $\text{Cs}_2\text{O}$  и 20 мол. %  $\text{Cs}_2\text{O}$ , в температурных интервалах 1155-1259 К и 1056-1175 К соответственно. Определены также концентрационные зависимости парциальных давлений пара Cs и  $\text{O}_2$  над системой  $\text{Cs}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$  и активности  $\text{Cs}_2\text{O}$  в концентрационном интервале 8-33 мол. %  $\text{Cs}_2\text{O}$  при температуре 1200 К.

Полученные экспериментально значения активностей  $\text{Cs}_2\text{O}$  в системе  $\text{Cs}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$  были обработаны с привлечением полинома Редлиха-Кистера [1] и на основе теории Баркера [2]. Это позволило рассчитать в рассматриваемой системе активности  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , которые не были доступны для экспериментального определения из-за того, что при температурах исследования испарение  $\text{Al}_2\text{O}_3$  из изученных образцов не наблюдалось, а также избыточные энергии Гиббса при температуре 1200 К. Показаны отрицательные отклонения от идеальности в системе  $\text{Cs}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$  при высоких температурах.

1. Redlich O., Kister A. T. Algebraic representation of thermodynamic properties and the classification of solutions // Industrial & Engineering Chemistry. 1948. Т. 40. № 2. С.345-348.

2. Barker J. A. Cooperative orientation effects in solutions // The Journal of Chemical Physics. 1952. Т. 20. № 10. С.1526-1532.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (грант № 075-15-2021-1383) с использованием оборудования Научного парка Санкт-Петербургского государственного университета (Криогенный отдел, РЦ «Рентгенодифракционные методы исследования», РЦ «Инновационные технологии композитных наноматериалов»).*

## **СОДОПИРОВАННЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ СОСТАВА Zn, M-НАР (M = Cu, Ni, Co): СТРУКТУРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Восканян Л.А., Бобрышева Н.П., Осмоловский М.Г., Вознесенский М.А.,

Осмоловская О.М.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия  
vosk\_lys@mail.ru*

В последнее время активно развивается новый метод восстановления костных дефектов, основанный на стимулировании роста новой ткани путем использования электрических импульсов с использованием скаффолда. Для его реализации необходимо, чтобы материал скаффолда был проводящим, поэтому поиск новых безопасных, биосовместимых, но при этом проводящих материалов является актуальной задачей практического материаловедения.

Биосовместимым и широко используемым в инженерии костной ткани материалом является синтетический гидроксипатит (НАр), который является диэлектриком. Предлагаемым нами способом решения этой проблемы является допирование НАр 3d-элементами (например, M =  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , по данным различных авторов не ухудшающим биосовместимость материала). Также известно, что введение в структуру НАр атомов цинка придает материалу антимикробную активность. Однако, возможность введения в наночастицы НАр обоих видов допантов до сих пор практически не исследована. В связи с этим, целью данной работы являлось получение содопированных наночастиц гидроксипатита состава Zn/M-НАР для установления совместного влияния допантов на морфологические и диэлектрические характеристики

**Сборник тезисов докладов  
XX Молодежной научной конференции ИХС РАН,  
посвященной 135-летию со дня рождения академика И.В. Гребенщикова**

Оригинал-макет подготовлен ИХС РАН  
199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 2  
Верстка: Коваленко А.С., Федоренко Н.Ю.

Подписано в печать 13.12.2022 г.  
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 8,5. Тираж 30 экз.  
Заказ № 5861.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика  
в ООО «Издательство «ЛЕМА»  
199004, Россия, Санкт-Петербург, 1-я линия В.О., д. 28  
тел.: 323-30-50, тел./факс: 323-67-74  
e-mail: [izd\\_lemma@mail.ru](mailto:izd_lemma@mail.ru)  
<http://lemaprint.ru>