

*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 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

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ СИНТЕЗА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КСЕРОГЕЛЕЙ, НАНОПОРОШКОВ И КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ CeO₂-Nd₂O₃	47
Дюскина Д.А., Калинина М.В.	47
ГИДРОФИЛЬНЫЕ ЭПОКСИДНЫЕ ПОКРЫТИЯ, СОДЕРЖАЩИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЕМ НАНОЧАСТИЦЫ SiO₂	47
Евдокимова Е.Н., Кондратенко Ю.А.	47
ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РН НА ФОРМИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ BiAl₃(PO₄)₂(OH)₆ СО СТРУКТУРОЙ ВЕЙЛЕНДИТА В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ	49
Еловиков Д.П.	49
СИНТЕЗ, ФОРМИРОВАНИЕ И СТРОЕНИЕ ФАЗ В БИНАРНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ОРТОФОСФАТОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	51
Еникиева М.О., Яковleva А.А.	51
ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИКИ GAGG:Ce СО СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ МЕТОДОМ СТЕРЕОЛИТОГРАФИИ	51
Ермакова Л.В., Карпюк П.В., Дубов В.В., Соколов П.С., Кузнецова Д.Е., Досовицкий Г.А.	51
СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ПИРОМЕЛЛИТОВОЙ КИСЛОТЫ И ГИДРОКСИАЛКИЛАМИНОВ	53
Завьялова Д.А., Кондратенко Ю.А., Kochina Т.А.	53
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ СЛОИСТЫХ ГИДРОСИЛИКАТОВ ЖЕЛЕЗА (II)	55
Иванова А.А., Храпова Е.К., Красилин А.А.	55
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ КЕРАМИКА В СИСТЕМЕ Na₂O-CaO-SiO₂-P₂O₅ НА ОСНОВЕ НЕОГРАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ С КАЛЬЦИЙФОСФАТНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ	56
Каймонов М.Р., Сафонова Т.В., Тихомирова И.Н., Шаталова Т.Б.	56
1D ЦИКЛОМЕТАЛЛИРОВАННЫЕ ПОЛИМЕРЫ ИРИДИЯ(III)	57
Киселева М.А., Беззубов С.И.	57
СИНТЕЗ МОНОМЕРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ МЕМБРАНООБРАЗУЮЩИХ ПОЛИКОНДЕНСАЦИОННЫХ ПОЛИМЕРОВ, СОДЕРЖАЩИХ В ПОВТОРЯЮЩЕМСЯ ЗВЕНЕ N,N-ДИСУЛЬФОНИМИДНЫЙ ФРАГМЕНТ	58
Козыякова Д.С., Сапегин Д.А., Кононова С.В.	58
СИНТЕЗ ПОРОШКОВ И ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНА И ГАФНОНА, СИНТЕТИЧЕСКИХ АНАЛОГОВ МИНЕРАЛОВ	60
Колесниченко Е.А., Ковальчук Н.А., Осипов А.В.	60
НАНОЧАСТИЦЫ Gd-SnO₂ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ: СИНТЕЗ И УПРАВЛЕНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ	61
Колоколов Д.С., Фомкина А.С., Бобрышева Н.П., Осмоловский М.Г., Вознесенский М.А., Осмоловская О.М.	61
БИОСОВМЕСТИМЫЕ МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПИГМЕНТЫ ОРАНЖЕВО-КРАСНОЙ ОКРАСКИ НА ОСНОВЕ ДОПИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОМ НАНОЧАСТИЦ ГИДРОКСИАПАТИТА	63
Колоколова Н.Д., Бобрышева Н.П., Осмоловский М.Г., Вознесенский М.А., Осмоловская О.М.	63
ХИМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СТЕКОЛ СИСТЕМЫ Na₂O-B₂O₃-SiO₂-Fe₂O₃(FeO) С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ SiO₂	64
Конон М.Ю., Семенова Е.А., Бразовская Е.Ю., Полякова И.Г., Осипов А.А., Дикая Л.Ф.	64
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ КРИСТАЛЛОХИМИЯ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТИЛЛУЭЛЛИТА, CeBSiO₅	66
Копылова Ю.О., Кржижановская М.Г., Уголов В.Л., Обозова Е.Д., Залесский В.Г., Лушников С.Г.	66

В системе $(1-x)\text{ZrSiO}_4-x\text{HfSiO}_4$ ожидается серия непрерывных твердых растворов (тетрагональной сингонии), поскольку силикаты циркония и гафния изоструктурны. На рис. 4 показаны кривые ДСК/ТГ порошков $\text{ZrO}(\text{OH})_2$ и $\text{Hf}(\text{OH})_4$. Сильные экзотермические эффекты соответствуют, по-видимому, началу кристаллизации оксидов циркония и гафния после потери воды и разложения гидроксидов.

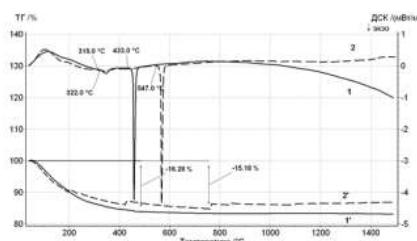
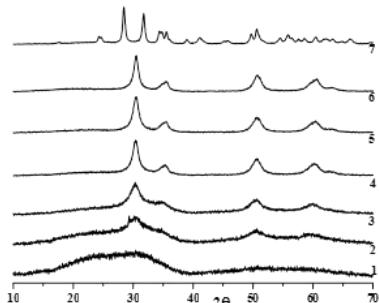


Рис. 3. Рентгеновские дифрактометрические спектры порошков $(1-x)\text{ZrSiO}_4-x\text{HfSiO}_2$, где $x = 0.0(1); 0.2(2); 0.3(3); 0.5(4); 0.7(5); 0.8(6); 1.0(7)$, после обжига при 850°C 2 ч.

Рис. 4. Кривые ДСК порошков $\text{ZrO}(\text{OH})_2$ (1) и $\text{Hf}(\text{OH})_4$ (2) и соответствующие им кривые ТГ (1' и 2')

1. Mezentseva L., Osipov A., Ugolkov V. et al. Sol-gel synthesis of precursors and preparation of ceramic composites based on LaPO_4 with Y_2O_3 and ZrO_2 additions. // J. Sol-Gel Sci. Technol. 2019. V. 92. №. 2. P. 427-441.

2. Зайка А.П., Иванова П.И., Осипов А.В., Мезенцева Л.П. Золь-гель синтез наноразмерных порошков и получение керамических композитов на основе циркона и оксида циркония. // Сборник тез. докл., Второй международный симпозиум «Химия для биологии, медицины, экологии и сельского хозяйства», СПб: ООО «Издательство «ЛЕМА». 2021. С. 80-82.

Работа выполнена по бюджетной программе Института химии силикатов РАН при поддержке Министерства образования и науки РФ (Проект № 0081-2022-0008).

НАНОЧАСТИЦЫ Gd-SnO_2 ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ: СИНТЕЗ И УПРАВЛЕНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Колоколов Д.С., Фомкина А.С., Бобрышева Н.П., Осмоловский М.Г.,
Вознесенский М.А., Осмоловская О.М.

Институт химии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
Kolokolov.D@gmail.com

Циклические органические соединения (ЦОС) представляет угрозу для жизни и здоровья человека и окружающей среды. Современные методы очистки не позволяют избежать попадания ЦОС в блоки очистных сооружений и сточные воды; проблема их загрязнения в данный момент стоит очень остро. Процесс очистки должен быть экологичным, дешевым и не требовать применения сложного оборудования, поэтому активное внимание исследователей направлено на изучение процессов утилизации ЦОС с использованием явления их фотокаталитического разложения в присутствии

наночастиц (не)допированных широкозонных полупроводников под действием УФ или видимого излучения.

Диоксид олова – это широкозонный полупроводник, имеет структуру типа рутила, которая толерантна к замещениям, что позволяет использовать ее в качестве матрицы для допирования. Проведенные нами работы показали [1-3], что для допированных 3d-элементами сферических наночастиц диоксида олова на эффективность фотодеградации ЦОС влияет количество кислородных вакансий и дефектов в структуре фотокатализаторов. Также было установлено [4, 5], что гидротермальная обработка приводит к изменению формы наночастиц, которая, в свою очередь, оказывает значительное влияние на фотокаталитическую активность материала за счет формирования активированного комплекса загрязнитель – поверхность наночастиц.

В связи с этим, данная работа посвящена синтезу наночастиц различной формы допированного гадолинием диоксида олова и изучению влияния их структурных параметров и формы на фотокаталитическую активностью при разложении модельного красителя метиленового голубого. В данной работе в качестве донанта был выбран Gd^{3+} .

Получены две концентрационные серии (5, 15 и 25 мол.% донанта) наночастиц $Gd-SnO_2$ различной морфологии: сферическая при помощи метода соосаждения и кубическая с использованием последующей гидротермальной обработки. По данным РГА дополнительных фаз не обнаружено, гадолиний полностью вошел в структуру матрицы, о чем свидетельствует отсутствие его следов в надосадочных жидкостях. Степень окисления донанта подтверждена методом РГЭС. Форма и размер частиц охарактеризованы методом ПЭМ и измерением удельной поверхности по методу БЭТ, состав поверхности изучен методом ИК-спектроскопии. Структурные параметры наночастиц – количество кислородных вакансий и дефектов – оценены из спектров РГЭС и комбинационного рассеяния, соответственно, с использованием разработанных нами методик. Количество вакансий и дефектов при одной и той же концентрации донанта ожидаемо меньше для образцов после гидротермальной обработки, а образцы с 15 мол.% донанта демонстрируют максимальные значения этих параметров. Определенные из спектров поглощения значения запрещенной зоны для всех образцов составляют около 3.8 эВ. С использованием оригинального подхода квантово-химически определено положение донанта в кристаллической структуре матрицы, рассчитаны зонная структура и плотность состояний для всех образцов; показано наличие в запрещенной зоне дополнительных энергетических уровней, обеспечивающих их фотокаталитическую активность под действием видимого излучения.

Фотокаталитическую активность полученных наночастиц изучали под действием видимого излучения (коммерчески доступная лампа Onlight). Установлено, что эффективность фотокатализа выше в случае сферических наночастиц и зависит от структурных параметров; оптимальный образец с 25 мол.% донанта позволяет за 60 минут провести разложение 86% красителя.

Таким образом, используя разработанные подходы к получению наночастиц допированных широкозонных полупроводников, возможно достижение максимально эффективного разложения органических загрязнителей с помощью доступных технических средств.

- Podurets A.A., Beletskii E.V., et al. Vis-driven $Cu-SnO_2$ nanoparticles for water remediation – Enhancing of photocatalytic efficiency and other defect-related properties // Materials Chemistry and Physics. V. 290. 126589.

2. Podurets A., Khalidova M., et al. Experimental and Computational Study of Ni-doped SnO₂ as a Photocatalyst and Antibacterial Agent for Water Remediation: the Way for a Rational Design // Journal of Alloys and Compounds. V. 926, 166950.

3. Podurets A., Odegova V., et. al. The strategy for organic dye and antibiotic photocatalytic removal for water remediation in an example of Co-SnO₂ nanoparticles // Journal of Hazardous Materials. V. 436. 129035.

4. Kolesnikov I.E., Kolokolov D.S., et al. Morphology and doping concentration effect on the luminescence properties of SnO₂:Eu³⁺ nanoparticles // Journal of Alloys and Compounds. V. 822. 153640.

5. Kolokolov D.S., et al. SnO₂ nanoparticles with different aspect ratio and structural parameters: fabrication, photocatalytic efficiency dependences and fast organic dyes degradation // Applied Surface Science. V. 599. 153943.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 20-03-00762 А «Разработка подходов к компьютерному моделированию процессов роста наночастиц из растворов: теоретическое и экспериментальное исследование на примере диоксида олова – материала с фотокатализической активностью»). Исследования были проведены на базе ресурсных центров: «Рентгенодифракционные методы исследования», «Методы анализа состава и вещества», «Оптические и лазерные методы исследования», «Физические методы исследования поверхности», «Междисциплинарный ресурсный центр по направлению «Нанотехнологии» Научного парка СПбГУ.

БИОСОВМЕСТИМЫЕ МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПИГМЕНТЫ ОРАНЖЕВО-КРАСНОЙ ОКРАСКИ НА ОСНОВЕ ДОПИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОМ НАНОЧАСТИЦ ГИДРОКСИАПАТИТА

**Колоколова Н.Д., Бобрышева Н.П., Осмоловский М.Г., Вознесенский М.А.,
Осмоловская О.М.**

*Институт химии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
dmv.natalie@gmail.com*

Высокая популярность мультифункциональных средств, сочетающих в себе декоративные и уходовые функции, привлекает к себе пристальное внимание разработчиков косметических средств. Для разработки формулы, сочетающей в себе сразу две функции, мы предлагаем использовать гидроксиапатит, обладающий антивозрастным действием и выступающего в качестве компонента, придающего продукту окраску (пигмента). Для получения богатой цветовой палитры маскирующих средств, гидроксиапатит может быть допирован различными 3d-элементами.

Настоящая работа сфокусирована на получении оранжево-красной палитры для чего допиривание проводилось с использованием железа в различных степенях окисления. Дополнительное допиривание цвета достигалось путем изменения морфологии наночастиц гидроксиапатита путем варьирования источника гидроксилонов.

По данным РГА все образцы, кроме образца, полученного в присутствии Fe²⁺, представляют собой монофазный продукт с количеством донора около 15 мол.% по данным АЭС-ИСП. Согласно данным ПЭМ и БЭТ, образцы представляют собой вытянутые монокристаллические наночастицы стержнеобразной формы, размеры которых составляют 6-10 нм на 29-44 нм. Степени окисления железа в образцах подтверждены методом РГЭС. По данным ИК-спектроскопии, введение донора не оказывает значительного влияния на поверхностный состав образцов.

Визуально все полученные образцы представляли собой цветовую гамму от светло-оранжевого до кирпично-красного цвета. Возможность использования наночастиц как пигментов была оценена путем анализа спектров поглощения и

**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_lema@mail.ru
<http://lemaprint.ru>