

В диссертационный совет 99.2.159.02
при Российском химико-технологическом университете
имени Д. И. Менделеева и Южно-Российском государственном
политехническом университете (НПИ) имени М. И. Платова

О Т З Ы В

Официального оппонента

на диссертационную работу Бутенкова Дмитрия Андреевича на тему
«Синтез, структура и физико-химические свойства оксохлоридных свинцовых
стёкол», представленной на соискание ученой степени кандидата
химических наук по специальности 2.6.14. «Технология силикатных и
тугоплавких неметаллических материалов»

В диссертационной работе Бутенкова Д. А. рассматриваются актуальные вопросы синтеза и исследования свойств и структуры оксохлоридных свинцовых стёкол. В ней автором предложена и экспериментально подтверждена концепция улучшения функциональных свойств оксидных стёкол за счёт введения в качестве модификатора $PbCl_2$. Бутенковым Д.А. впервые установлены закономерности «состав-структура-свойства» для стеклообразующих систем $xPbCl_2-(50-0,5x)PbO-(50-0,5x)B_2O_3$, $xPbCl_2-(50-0,5x)PbO-(50-0,5x)SiO_2$, $xPbCl_2-(50-0,5x)PbO-(50-0,5x)GeO_2$, $xPbCl_2-(100-x)TeO_2$. Экспериментально получены данные о термических, механических, физических, оптических свойствах и химической стойкости оксохлоридных свинцовых стёкол. Возможность получения материалов с управляемыми физико-химическими, оптическими и люминесцентными характеристиками представляется важной с научно-исследовательской и практической точки зрения. Существенную часть работы занимают исследования спектрально-абсорбционных и спектрально-люминесцентных характеристик синтезированных автором оксохлоридных свинцовых стёкол, в том числе легированных ионами редкоземельных элементов (Nd^{3+} , Tm^{3+} , Er^{3+} , Ho^{3+}). Автором впервые получены сведения о люминесценции данных РЗ-ионов в спектральном диапазоне 2-3 мкм, что является важным результатом для фотоники и материаловедения. Большой объём экспериментальных данных, полученных с применением современных аналитических методов исследования, обеспечивает достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы. Диссертация отличается логично выстроенной

структурой, обоснованностью основных научных положений и выводов, а также ясностью и последовательностью изложения материала.

Научная новизна диссертационной работы

Автором впервые синтезированы новые стёкла с высоким содержанием PbCl_2 (до 50 мол. %) в системах: $x\text{PbCl}_2-(50-0,5x)\text{PbO}-(50-0,5x)\text{B}_2\text{O}_3$, $x\text{PbCl}_2-(50-0,5x)\text{PbO}-(50-0,5x)\text{SiO}_2$, $x\text{PbCl}_2-(50-0,5x)\text{PbO}-(50-0,5x)\text{GeO}_2$, $x\text{PbCl}_2-(100-x)\text{TeO}_2$ по оригинальной лабораторной методике с наименьшим отклонением состава стекла и состава шихты. Установлены закономерности «структура-свойства» для ряда оксохлоридных свинцовых стёкол. Методами колебательной спектроскопии исследовано влияние PbCl_2 на структуру сетки оксохлоридных свинцовых стёкол, установлено деполимеризирующее действие хлорида свинца и механизм встраивания PbCl_2 в сетку. Автором впервые для оксохлоридных свинцовых стёкол получены и исследованы люминесцентные характеристики РЗ-ионов (Nd^{3+} , Tm^{3+} , Er^{3+} , Ho^{3+}) в области 0,8–3,0 мкм. Получен массив экспериментальных данных по основным физико-химическим свойствам стёкол (характеристические температуры, диапазон пропускания, показатель преломления, плотность, молярный объём, микротвёрдость).

Практическая значимость выполненной Бутенковым Д. А. диссертационной работы заключается в получении люминесценции в спектральной области 0,8–3,0 мкм РЗ-ионов (Nd^{3+} , Tm^{3+} , Er^{3+} , Ho^{3+}) в матрицах стабильных к внешним воздействиям оксохлоридных стёкол. Это создаёт предпосылки для создания технологичных волоконных лазеров среднего ИК-диапазона.

Разработанные в ходе диссертационного исследования составы стёкол на основе систем $x\text{PbCl}_2-(50-0,5x)\text{PbO}-(50-0,5x)\text{B}_2\text{O}_3$, $x\text{PbCl}_2-(50-0,5x)\text{PbO}-(50-0,5x)\text{SiO}_2$, $x\text{PbCl}_2-(50-0,5x)\text{PbO}-(50-0,5x)\text{GeO}_2$, $x\text{PbCl}_2-(100-x)\text{TeO}_2$, с расширенным диапазоном пропускания (от УФ до 6,5 мкм), с высоким показателем преломления (сверхтяжёлые флинты), перспективны для использованы в приборах пассивной оптики. Результат подтверждён и защищён патентом на изобретение РФ RU 2852943 C1 «Способ получения оптического стекла и оптическое стекло с расширенным диапазоном пропускания, полученное данным способом».

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы обеспечены использованием комплекса современных взаимодополняющих физико-химических методов анализа. Надёжность полученных данных подтверждается статистической согласованностью экспериментальных результатов и их воспроизводимостью. Дополнительным подтверждением

достоверности и научной новизны проведённых исследований служат публикации автора в рецензируемых высокорейтинговых научных изданиях «Journal of Non-Crystalline Solids», «Ceramics», «Стекло и керамика», «Russian Journal of General Chemistry», входящих в международные базы данных научного цитирования Web of Science и Scopus. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на многочисленных конференциях и научных школах: The 32nd International conference «Advanced laser technologies» (ALT-2025) (2025, Kazan, Russia); Международном конгрессе по химии и химической технологии «МКХТ» в 2022, 2023, 2024, 2025 гг. (Москва); 19-й и 20-й Международных научных конференциях-школах «Материалы нано-, микро-, оптоэлектроники и волоконной оптики: физические свойства и применение» (2022 и 2024 гг., Саранск); XIII, XIV и XV и Конференциях молодых ученых по общей и неорганической химии (2023, 2024 и 2025 гг., Москва); XXVII, XXIX, и XXX Международной научной конференции «Оптика и спектроскопия конденсированных сред» (2021, 2023 и 2024 гг., Краснодар); XXIV Всероссийской школе-конференции молодых ученых «Актуальные проблемы неорганической химии» (2025 г, Красновидово); XX Молодежной научной конференции ИХС РАН (2022 г., Санкт-Петербург); XIX Международной молодёжной конференции по люминесценции и лазерной физике (2023 г., Иркутск); Всероссийской конференции по люминесценции LUMOS-2024 (2024 г., Москва); VII Школе-конференции молодых учёных «Прохоровские недели» (2024 г., Москва); The 1st International Conference On Advanced And Multifunctional Materials (ICAMM'24) (2024 г., Ho Chi Minh City, Vietnam); International Conference Laser Optics (ICLO-2022, ICLO-2024) (2022 и 2024 гг., Санкт-Петербург).

Диссертация Бутенкова Дмитрия Андреевича состоит из введения, обзора литературы, методики эксперимента и исследований, экспериментальной части и результатов работы и выводов, общим объемом 202 страницы, включая 102 рисунка, 39 таблиц и библиографию, содержащую 299 наименований.

Во введении автор описывает актуальность темы, цель и задачи диссертационной работы, научную новизну, теоретическую и практическую значимость. Приведено описание объектов и методик исследований. Указаны положения, выносимые на защиту, информация о достоверности и реализации результатов работы и о личном вкладе автора. Дана информация об апробации диссертационной работы; о соответствии содержания диссертационной работы паспорту специальности; о структуре и объеме диссертации.

Первая глава содержит обзор научной литературы, где приводится подробная информация о множестве актуальных исследований материалов для

инфракрасного диапазона спектра, с упором на кристаллы галогенидов свинца и стёкла с добавками PbF_2 , $PbCl_2$, $PbBr_2$, PbI_2 . Рассмотрены существующие методы синтеза кристаллов и стёкол, их физические и спектрально-люминесцентные свойства. Анализируя обзор литературы, автор отмечает возможность улучшения функциональных свойств оксидных стёкол за счёт введения хлорида свинца в состав шихты и выдвигает концепцию, что можно в одном материале объединить химическую стабильность оксидов со спектрально-люминесцентными свойствами галогенидов.

Вторая глава содержит обоснование выбора объекта исследования, перечень используемых материалов и реактивов, приведено описание оборудования для синтеза и исследований стёкол, а также подробно изложены протоколы обработки экспериментальных данных.

В третьей главе представлены результаты синтеза и исследования структуры и свойств оксохлоридных свинцовых стёкол, как чистых, так и легированных фторидами РЗ-ионов. Автором установлены зависимости физико-химических характеристик синтезированных стёкол от содержания $PbCl_2$, среди которых особое внимание уделено спектрально-абсорбционным и спектрально-люминесцентным свойствам. Вхождение хлорида свинца в состав стеклообразной сетки подтверждается не только прямыми методами колебательной спектроскопии, но и косвенными - спектроскопией поглощения и анализом люминесценции.

Отдельно хочется отметить объём представленных автором в данной главе экспериментальных данных о свойствах стёкол. В главе представлены результаты РФА, ДСК-ТГ, измерений плотности, микротвёрдости, показателя преломления, химической стойкости, спектров поглощения в УФ-Вид-ИК, люминесценции ионов Nd^{3+} , Tm^{3+} , Er^{3+} , Ho^{3+} .

В результатах работы и выводах автором диссертации представлены основные итоги работы. В результате проведённого диссертационного исследования получены фундаментальные данные о стеклообразовании и свойствах оксохлоридных свинцовых стёкол. Систематически исследована структура сетки стёкол, а также их термические, механические, физические, оптические и спектрально-люминесцентные свойства. Изучена химическая стойкость стёкол, а также стабильность их люминесцентных характеристики. Установлены закономерности «состав-структура-свойства» для ряда оксохлоридных свинцовых стеклообразующих систем. Приводятся перспективы дальнейшего исследования и применения полученных фундаментальных данных для компактных лазерных элементов, излучающих в диапазоне 2–3 мкм, а также высокопреломляющих оптических элементов с диапазоном прозрачности до 6 мкм.

Таким образом, полученные автором результаты и сформулированные выводы обладают высокой степенью новизны, а проведенное исследование представляет собой значимый вклад в научную область и обладает перспективами практической реализации.

Основные замечания и вопросы по работе

1. В диссертационной работе РЗ-ионы стёкол вводили в форме фторидов. Чем обосновывается данный выбор? Почему не вводили РЗ-ионы в виде оксидов или хлоридов?

2. В главе 2, в таблице 2.1 представлена характеристика химических реактивов, используемых в диссертационной работе. Проводились ли автором дополнительные исследования чистоты данных реактивов, для подтверждения соответствия их указанной в таблице квалификации?

3. Проводились ли исследования влияния чистоты компонентов шихты на спектрально-люминесцентные свойства стёкол?

4. Какие максимальные размеры стёкол можно получить, используя представленную автором технологию?

5. Проводились ли попытки вытянуть оптические волокна из образцов оксохлоридных стёкол и изучить характеристики волокон?

6. По тексту работы встречается незначительное количество опечаток.

Вместе с тем хочется отметить, что автором сделан обширный и подробный литературный обзор, выполнен значительный объем экспериментальных исследований, посвященных синтезу и исследованию структуры и свойств новых аморфных материалов. Результаты исследований грамотно интерпретированы с опорой на общепризнанные в материаловедении подходы. Результаты работы демонстрируют перспективность дальнейших исследований для решения ряда возникших вопросов. Приведенные выше замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Бутенкова Дмитрия Андреевича «Синтез, структура и физико-химические свойства оксохлоридных свинцовых стёкол».

Заключение

Рассмотренная диссертационная работа является актуальным и цельным исследованием, а представленные в ней результаты достоверны и обладают научной новизной. Основные результаты работы были доложены на тематических профильных конференциях, а также опубликованы в научных рецензируемых высокорейтинговых журналах. Число публикаций автора соответствует критериям п. 13 раздела II «Положения о порядке присуждения

ученых степеней» в редакции, утвержденной Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции). По теме диссертации опубликовано 10 работ, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, в том числе 5 – в журналах, входящих в перечень ВАК РФ. Автореферат и опубликованные работы Бутенковым Д.А. в полной мере отражают основное содержание диссертационной работы.

Результаты работы Бутенкова Дмитрия Андреевича могут быть рекомендованы для использования в следующих организациях Российской Федерации, деятельность которых лежит в области исследования и производства новых люминесцентных оптических материалов:

1. Общество с ограниченной ответственностью НПФ «ЛЮМ»;
2. Научный центр волоконной оптики им. Е.М. Дианова РАН – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А. М. Прохорова Российской академии наук»;
3. ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» (ПНППК)».

Диссертационная работа Бутенкова Дмитрия Андреевича на тему «Синтез, структура и физико-химические свойства оксохлоридных свинцовых стёкол», представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.14. «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача по получению фундаментальных данных о стеклообразовании и свойствах оксохлоридных свинцовых стёкол. Впервые для стёкол, содержащих $PbCl_2$ выполнены комплексные материаловедческие исследования.

Считаю, что по актуальности, научной новизне, достоверности результатов, практической значимости и личному вкладу автора диссертационная работа полностью соответствует требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» в редакции, утвержденной Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.6.14. «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», в частности, п. 1 направлений исследования – в диссертационной работе получены новые составы стекол в нескольких оксохлоридных системах, п. 3 направлений исследования – проведено исследование физико-химических

свойств стекол в этих системах, в том числе легированных Er^{3+} , Ho^{3+} , Tm^{3+} , Nd^{3+} .

Автор диссертационной работы «Синтез, структура и физико-химические свойства оксохлоридных свинцовых стёкол» – Бутенков Дмитрий Андреевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.14. «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов».

Официальный оппонент,
Ведущий химик, профессор кафедры
Физической и коллоидной химии
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина» (УрФУ),
доктор технических наук, с. н. с.

Лия Васильевна
Жукова
Лия Васильевна Жукова
28 мая 2026?

Жукова Лия Васильевна

Адрес: 620062, Россия, Уральский федеральный округ, Свердловская область,
г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19;

E-mail: l.v.zhukova@urfu.ru;

Официальный телефон: +7 (343) 375-47-13.

Подпись руки ведущего химика, профессора кафедры Физической и коллоидной химии ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ), доктора технических наук, старшего научного сотрудника Жуковой Лии Васильевны удостоверяю:

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УрФУ
МОРОЗОВА В.А.

