

аттестационное дело № _____

дата защиты 27.12.2017 протокол № 151

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 002.107.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук по диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук.

О присуждении **Пшенко Ольга Андреевне**, гражданину Российской Федерации, ученой степени **кандидата химических наук**.

Диссертация «Синтез, структура и свойства диэлектрических и ферромагнитных пористых стекол и композитов со свойствами сегнетоэлектриков и мультиферроиков на их основе» в виде рукописи по специальности 02.00.04 – физическая химия, химические науки, выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ордена Трудового Красного Знамени Институте химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук, принята к защите «25» октября 2017 года, протокол № 144, диссертационным советом Д 002.107.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук (199034, г. Санкт-Петербург, наб. Адм. Макарова, д. 2, приказ о создании диссертационного совета от «19» июня 2014 года № 346/нк).

Соискатель Пшенко Ольга Андреевна, 26 сентября 1986 года рождения, в 2010 году окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики», Факультет точной механики и технологий, кафедра нанотехнологий и материаловедения, с присуждением степени магистра техники и технологии по направлению «Приборостроение». Пшенко О. А. являлась соискателем ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – «физическая химия» в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ордена Трудового Красного Знамени Институте химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук (приказ № 135-к от 18.11.2010, срок соискательства 17.11.2010–16.11.2014).

Научный руководитель – доктор химических наук, доцент Антропова Татьяна Викторовна, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук, лаборатория физической химии стекла, заведующая лабораторией

Официальные оппоненты: Пак Вячеслав Николаевич, доктор химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник НИИ Физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена; Чарная Елена Владимировна, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики твердого тела Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургского государственного университета

Ведущая организация - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО)

дали положительные отзывы о диссертации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО) является одним из ведущих университетов в области создания и исследования материалов для микроэлектроники и фотоники в России. Оппонент В. Н. Пак является ведущим специалистом международного уровня в области синтеза и исследования структуры и физико-химических свойств пористых силикатных стекол; оппонент Е. В. Чарная является ведущим специалистом международного уровня в области исследования физических свойств композиционных материалов на основе пористых матриц различной химической природы.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО) дала положительный отзыв на диссертационную работу Пшенко О.

А., подготовленный и подписанный Колобковой Еленой Вячеславовной, доктором химических наук, доцентом, профессором кафедры оптоинформационных технологий и материалов университета ИТМО, и Никоноровым Николаем Валентиновичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой оптоинформационных технологий и материалов, директором НИЦ оптического материаловедения университета ИТМО Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО), и утвержденный проректором по научной работе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО), доктором технических наук, профессором Никифоровым Владимиром Олеговичем. Выступление соискателя заслушано и одобрено на научном семинаре кафедры оптоинформационных технологий и материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО), протокол № 12 от 24 ноября 2017 года. В отзыве отмечается следующее. Диссертационная работа О.А. Пшенко, которая посвящена синтезу, исследованию структуры и физико-химических характеристик диэлектрических и ферромагнитных пористых стекол и композитов со свойствами сегнетоэлектриков и мультиферроиков, является актуальной научной задачей с высоким прикладным потенциалом. Решение этой задачи направлено, прежде всего, на миниатюризацию функциональных элементов современной аппаратной базы микроэлектроники и фотоники. В отзыве дана общая характеристика работы; отмечаются поставленные задачи, которые решены автором диссертации, а также научная новизна и практическая значимость диссертационной работы. Каждый основной результат и вывод являются достоверными, поскольку подтверждаются логической согласованностью совокупности представленных экспериментальных данных, их обоснованием в рамках физико-химических моделей, отсутствием противоречий со строго установленными и общепринятыми научными фактами. Проведенные исследования выполнены с использованием современных физико-химических методик на современном аттестованном оборудовании с использованием взаимодополняющих методов. В работе подробно описаны методики исследования с оценкой погрешности. Высокий научный

уровень выполненных исследований, использование хорошо зарекомендовавших себя физико-оптических методов и контролируемость условий эксперимента гарантируют надежность представленных результатов. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и содержит список основных публикаций автора по теме выполненного исследования. Результаты работы докладывались автором на 10 российских и 12 международных конференциях. По теме диссертационной работы опубликовано 7 статей в научных журналах из перечня ВАК и 2 статьи в международных рецензируемых научных журналах, 2 патента РФ на изобретение, а также 27 публикаций в материалах научных мероприятий. В отзыве даны рекомендации по использованию результатов диссертационной работы в научных организациях и предприятиях, занимающихся разработкой, получением и исследованием новых материалов для электроники, такими, как ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН (г. Санкт-Петербург), Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург), ОАО «ЛОМО» (г. Санкт-Петербург), АО «ПО «Уральский оптико-механический завод» им. Э.С. Яламова» (г. Екатеринбург), ОАО «Загорский оптико-механический завод» (г. Сергиев Посад, Московская область) и др. Сделано заключение, что диссертационное исследование выполнено на высоком научном уровне и представляет собой законченную квалификационную научную работу. Диссертация «Синтез, структура и свойства диэлектрических и ферромагнитных пористых стекол и композитов со свойствами сегнетоэлектриков и мультиферроиков на их основе» соответствует пункту 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 28.08.2017 г.), а ее автор, Пшенко Ольга Андреевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Вопросы и замечания. **1).** В диссертации сделано заключение о присутствии железа в двух валентных состояниях и двух координационных формах. Это заключение сделано на основании анализа спектра поглощения в ближнем ИК диапазоне. Известно, что валентность железа может быть определена по спектрам поглощения в УФ и ближнем ИК диапазоне, однако координация определяется методом месбауэровской спектроскопии и не может быть определена методом, который использован в работе. **2).** В работе нет однозначного ответа, является ли материал мультиферроиком, т.к. не приведено сравнительных характеристик по изменению диэлектрической проницаемости для

материала в присутствии магнитной фазы и без магнитной фазы. **3).** В работе присутствуют сведения о процессе изменения размера магнитных нанокристаллов в процессе термообработки, который носит аномальный характер по сравнению с традиционно наблюдаемым в стеклообразных материалах механизмом процесса кристаллизации, однако нет четких объяснений этой аномалии. **4).** В работе нет четкого описания, на какой стадии происходит рост кристаллической фазы, и как этот рост зависит от концентрации вводимого оксида железа. Написано, что кристаллические образования появляются в процессе синтеза. В связи с этим возникают вопросы. Как влияет концентрация железа на размер кристаллической фазы сразу после синтеза? Как соотносятся данные, полученные для этих кристаллических образований, при использовании электронной микроскопии и рентгеновской дифракции? **5).** В диссертации показано, что полученный нанокompозит обладает свойством сегнетоэлектрика. В работе есть только косвенные доказательства о наличии сегнетоэлектрической фазы в нанокompозите. Однако прямого подтверждения такой характеристики при помощи общепринятого метода измерения петель "гистерезиса" поляризации от приложенного электрического поля в работе не приводится. **6).** Из материалов диссертации не ясно, в чем заключаются преимущества разработанных материалов на основе пористых стекол по сравнению с аналогичными и значительно более технологичными золь-гель материалами. Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

На автореферат диссертации О.А. Пшенко поступило 8 отзывов, все положительные.

1. Отзыв на автореферат от Голиковой Евгении Викторовны, профессора кафедры коллоидной химии Института химии Санкт-Петербургского государственного университета, доктора химических наук (специальность 02.00.11 - коллоидная химия) замечаний не содержит.

2. В отзыве Крейсберга Валерия Абрамовича, старшего научного сотрудника кафедры физической химии Химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», кандидата химических наук (специальность - 02.00.04 – Физическая химия) имеются следующие замечания и вопросы: **1)** Из рисунка 4 следует, что автором была исследована химическая устойчивость (по отношению к 3 М водному раствору соляной кислоты) всех 10-ти синтезированных стекол, составы которых приведены в Таблице 1. Однако в

автореферате приведены сведения о структуре пор пористых стекол, полученных при выщелачивании двухфазных натриевокалиевоборосиликатных стекол только двух составов (Таблица 5). Чем это обусловлено? **2)** В автореферате на стр 16 указано, что при увеличении времени щелочного травления железосодержащих пористых стекол в 0,5 М растворе КОН «...увеличивается пористость, средний диаметр и пор и кажущаяся плотность ПС (таблица 6)...». Однако из Таблицы 6 следует, что значения кажущейся плотности при этом уменьшаются.

3. В отзыве Евстапова Анатолия Александровича, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института аналитического приборостроения Российской академии наук (ИАП РАН), доктора технических наук (специальность 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики) и Лукашенко Татьяны Алексеевны, научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института аналитического приборостроения Российской академии наук (ИАП РАН), кандидата химических наук (специальность 05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии) в качестве *замечаний* отмечено следующее: **1)** В автореферате значения энергии активации приводятся в ккал, а не в кДж. **2)** Автореферат слишком перегружен данными электронно-микроскопических, рентгенодифракционных, энергодисперсионных и магнитных исследований, однако не дается развернутых объяснений о том, как делались выводы по приведенным данным.

4. В отзыве Сидорова Александра Ивановича, профессора кафедры оптоинформационных технологий и материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО), доктора физико-математических наук, доцента имеется следующее *замечание*: на стр. 14 отмечено, что при увеличении температуры термообработки стекол, содержащих железо, происходит уменьшение размеров железосодержащих агломератов, однако не указана причина такого эффекта.

5. В отзыве Яковлева Евгения Борисовича, профессора кафедры лазерных технологий и систем Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО), доктора технических наук (специальность 05.11.07 - «Оптические и оптико-электронные

приборы и комплексы)), доцента сформулировано следующее *замечание*: К сожалению, в автореферате не приведено обоснование способа изготовления композитного материала, когда железо внедряется в матрицу стекла при варке из шихты, а затем существенная часть его удаляется при последующем химической травлении и создании МИП- $(\text{NaFeBSi}/2)$. Есть ли возможность пропитки исходного микропористого стекла водным раствором нитрата железа (II) и, затем, расплавом KNO_3 при $300\text{ }^\circ\text{C}$?

6. Отзыв Минько Нины Ивановны, профессора кафедры технологии стекла и керамики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный университет им. В.Г. Шухова», Заслуженного работника ВШ РФ, доктора технических наук (специальность 05.17.11 – технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов), профессора содержит следующие *замечания и вопросы*: **1)** какими методами определяли степень окисления железа, его координационное состояние и смещение равновесия $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$; какое и в каких условиях получено оптимальное соотношение форм железа, обеспечивающее заданные свойства; **2)** в каких конкретно составах проявился полищелочной эффект; **3)** не уделено внимание таким важным свойствам матрицы и наполнителя, как смачивание, диффузия, поверхностное натяжение; **4)** в заключении по работе автор не классифицировал полученные композиты – первого или второго рода.

7. В отзыве от Осипова Анатолия Константиновича, заведующего кафедрой аналитической химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», кандидата химических наук (специальность 02.00.04 – физическая химия), доцента и Сивко Анатолия Павловича, доцента кафедры аналитической химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», кандидата технических наук (специальность 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов) содержится одно *замечание*: В автореферате не нашли свое достаточное отражение вопросы, касающиеся влияния валентного состояния железа на электропроводность, диэлектрическую проницаемость стёкол и ферромагнитные свойства.

8. Отзыв Василевской Татьяны Николаевны, старшего научного сотрудника лаборатории спектроскопии твердого тела Федерального государственного бюджетного учреждения

науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, кандидата физико-математических наук (специальность 01.04.07 – Физика твердого тела) без замечаний.

Основные результаты диссертации опубликованы в 38 научных изданиях, включая 7 статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, 2 статьи в международных научных журналах, тезисы 27 докладов на научных конференциях и 2 патента РФ на изобретение.

Основные работы:

1. **Пшенко, О. А.** Химическая устойчивость двухфазных железосодержащих натриево-боро-силикатных стекол в растворах HCl / О. А. Пшенко, И. Н. Анфимова, Т. Г. Костырева, Л. Ф. Дикая, Т. В. Антропова // Физика и химия стекла. Письма в журнал. – 2012. – Т. 38. – № 6. – С. 858-860.
2. Столяр, С.В. Электропроводность стекол системы Na₂O-B₂O₃-SiO₂-Fe₂O₃ / С. В. Столяр, **О. А. Пшенко**, М. Ю. Конон, Т. В. Антропова // Физика и химия стекла. Письма в журнал. – 2012. – Т. 38. – № 6. – С. 829-831.
3. Лапшин, А. Е. Структура сегнетоэлектрической фазы KNO₃, сформированной в матрице нанопористого стекла / А. Е. Лапшин, М. Ю. Арсентьев, **О. А. Пшенко**, Т. В. Антропова // Физика и химия стекла. Письма в журнал. – 2012. – Т. 38. – № 6. – С. 817-819.
4. **Пшенко, О. А.** Ферромагнитные железосодержащие пористые стекла / О. А. Пшенко, И. А. Дроздова, И. Г. Полякова, K. Rogacki, A. Ciżman, R. Poprawski, E. Rysiakiewicz-Pasek, Т. В. Антропова // Физика и химия стекла. – 2014. – Т. 40. – № 2. – С. 215-222.
5. **Пшенко, О. А.** Новые стеклообразные нанокомпозиты, содержащие фазы Fe₃O₄ и γ-KNO₃ / О. А. Пшенко, Т. В. Антропова, М. Ю. Арсентьев, И. А. Дроздова // Физика и химия стекла. – 2015. – Т. 41. – № 5. – С. 687-693.
6. **Пшенко, О. А.** Исследование железосодержащих натриевоборосиликатных двухфазных и пористых стекол методами оптической спектроскопии / О. А. Пшенко, М. А. Гирсова, Г. Ф. Головина, Т. В. Антропова // Физика и химия стекла – 2016. – Т. 42. – № 1. – С. 47-53.
7. Волкова, А. В. Электрокинетические свойства железосодержащих микропористых стекол / А. В. Волкова, Л. Э. Ермакова, Е. А. Кашпурина, **О. А. Пшенко**,

Т. В. Антропова // Физика и химия стекла – 2016. – Т. 42. – № 3. – С. 446-449.

8. Cizman, A. Structural, dielectric, thermal and electron magnetic resonance studies of magnetic porous glasses filled with ferroelectrics / A. Cizman, W. Bednarski, T.V. Antropova, **O. Pshenko**, E. Rysiakiewicz-Pasek, S. Waplak, R. Poprawski // Composites: Part B. – 2014. – N 64. – P. 16-23.

9. Cizman, A. Magnetic properties of novel magnetic porous glass-based multiferroic nanocomposites / A. Cizman, K. Rogacki, E. Rysiakiewicz-Pasek, T. Antropova, **O. Pshenko** and R. Poprawski // Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – V. 649. – P. 447-452.

10. Патент RU 2540754 «Способ получения высококремнеземного пористого стекла с магнитными свойствами» / Антропова Т.В., Анфимова И.Н., Дроздова И.Н., Костырева Т.Г., Полякова И.Г., **Пшенко О.А.**, Столяр С.В.; заявитель и патентообладатель Институт химии силикатов им. И. В. Гребенщикова Российской академии наук; Заявка № 2013154214; заявл. 05.12.2013; опубл. 10.02.2015, Бюл. № 4.

11. Патент RU 2594183 «Способ получения композитного мультиферроика на основе ферромагнитного пористого стекла» / Антропова Т.В., **Пшенко О.А.**, Анфимова И.Н., Дроздова И.А.; заявитель и патентообладатель Институт химии силикатов им. И. В. Гребенщикова Российской академии наук; Заявка № 2015113421; заявл. 10.04.2015; опубл. 10.08.2016. Бюл. № 22.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны физико-химические основы создания новых диэлектрических и ферромагнитных пористых стекол из двухфазных натриевоборосиликатных стекол модифицированных составов;

доказано влияние типа ликвационной структуры, наряду с полищелочным эффектом, на транспортные свойства (электропроводность, химическая устойчивость) двухфазных стекол четырехкомпонентной натриевокалиевоборосиликатной системы;

разработаны температурно-временные режимы варки, отжига и тепловой обработки железосодержащих натриевоборосиликатных стекол, обеспечивающие получение двухфазных стекол со взаимопроникающими фазами и формирование в них наночастиц магнетита, благодаря чему получены магнитные пористые стекла в форме пластин;

предложены экспериментальные методики синтеза новых наноструктурированных композиционных материалов с сегнетоэлектрическими и мультиферроидными свойствами;

доказано проявление размерного эффекта при исследовании свойств синтезированных композиционных материалов в зависимости от структуры порового пространства базовых матриц из пористых стекол.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

установлено влияние поэтапного замещения Na_2O на K_2O в синтезированных двухфазных натриевокалиевоборосиликатных стеклах с постоянным суммарным содержанием щелочного оксида, равным 8 мол. %, составы которых лежат в разрезах 60 и 70 мол. % SiO_2 , на их ликвационную структуру и свойства (плотность, электропроводность, химическую устойчивость);

доказано, что в процессе синтеза двухфазных железосодержащих натриевоборосиликатных стекол при определенных условиях в них формируется кристаллическая фаза магнетита Fe_3O_4 , размер которой увеличивается при увеличении содержания железа в стекле и благодаря присутствию которой пористые стекла, получаемые в результате сквозного химического травления двухфазных стекол, обладают ферромагнитными свойствами;

доказано, что синтезированные мезопористые ферромагнитные железосодержащие силикатные стекла обладают низкой величиной электрической проводимости, что обеспечивает возможность проведения измерения диэлектрических свойств и спонтанной поляризации композитов «ПС-матрица – сегнетоэлектрик»;

доказано значительное расширение температурного интервала существования метастабильной сегнетоэлектрической фазы $\gamma\text{-KNO}_3$ (по сравнению с массивным нитратом калия) вплоть до комнатной температуры в синтезированных нанокomпозитных материалах на основе мезопористых диэлектрических (средний диаметр пор $D = 4\div 7$ нм) и ферромагнитных ($D_1 \sim 5$, $D_2 \sim 50\text{-}60$ нм) стекол и ее присутствие в образцах при этой температуре в течение длительного времени; **установлено**, что дополнительная термообработка композита при 200°C приводит к увеличению количества фазы $\gamma\text{-KNO}_3$ в образцах.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс современных физико-химических методов исследования: химико-аналитические методы; рентгенофазовый анализ; методы оптической и электронной микроскопии, оптической спектроскопии в видимой и ИК-областях; рентгеновской энергодисперсионной спектроскопии; адсорбционные методы (тепловая десорбция азота при 77 К (метод БЭТ), гравиметрический метод); методы определения электропроводности, диэлектрической спектроскопии и намагниченности материалов;

изучены спектральные свойства синтезированных двухфазных железосодержащих натриевоборосиликатных стекол и полученных из них магнитных пористых стекол, на основании чего установлено, что железо в них находится в двух степенях окисления Fe^{2+} и Fe^{3+} и образует координационные группы двух типов $[\text{FeO}_4]$ и $[\text{FeO}_6]$;

изложены доказательства того, что в новых композиционных материалах, синтезированных путем введения сегнетоэлектрика из соответствующего солевого раствора в поры разработанных мезопористых стекол, наноструктурированная сегнетоэлектрическая фаза $\gamma\text{-KNO}_3$ присутствует вплоть до комнатной температуры;

установлено одновременное присутствие магнитной (Fe_3O_4) и сегнетоэлектрической ($\gamma\text{-KNO}_3$) фаз в композиционных материалах, синтезированных при использовании матриц из разработанных ферромагнитных пористых стекол, что дает основание отнести эти материалы к классу гетерогенных мультиферроиков.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны температурно-временные режимы термообработки железосодержащих натриевоборосиликатных стекол, обеспечивающие при последующей химической обработке синтезированных двухфазных стекол получение ферромагнитных пористых стекол в форме пластин (**степень внедрения** - патент RU 2540754) ;

разработаны методики синтеза и на базе матриц из полученных ферромагнитных железосодержащих пористых стекол изготовлены лабораторные образцы наноструктурированных композиционных материалов, которые вследствие присутствия в них кристаллических фаз $\gamma\text{-KNO}_3$ и Fe_3O_4 обладают двумя типами упорядочения (электрическим и магнитным), о чем свидетельствует рост диэлектрической проницаемости при увеличении температуры и наличие магнитного гистерезиса на

зависимости намагниченности от напряженности магнитного поля, и могут быть отнесены к классу гетерогенных мультиферроиков (**степень внедрения** – патент RU 2594183). Синтезированные наноконпозиты могут найти применение для решения прикладных задач микроэлектроники, а именно для изготовления пьезоэлектрических датчиков, энергонезависимых сегнетоэлектрических элементов памяти (RAM), пироэлектрических инфракрасных датчиков, акустических устройств (датчики, резонаторы, фильтры), электрооптических или фотонных устройств, элементов долговременной памяти и/или долговременных носителей информации с высокой стабильностью и надежностью работы (FeRAM) и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты получены на современном сертифицированном научном оборудовании в лаборатории физической химии стекла и центре коллективного пользования «Наночастицы, наноструктуры, наноконпозиты» ИХС РАН, а также частично во ФГУП ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург), междисциплинарном ресурсном центре СПбГУ по направлению «Нанотехнологии», Институте физики Вроцлавского технологического университета (Польша);

показана воспроизводимость результатов исследования: погрешность в основном определялась разрешающей способностью применяемых приборов (при изучении свойств материалов) либо погрешностью методов (при химическом анализе объектов) и при исследовании нескольких параллельных образцов (не менее 3 шт.) составляла в среднем (± 5 отн. %), а в отдельных случаях не превышала ± 10 отн. %;

достоверность полученных результатов основана на применении известных современных взаимодополняющих физико-химических методов исследования, соответствующих современному научному уровню;

выводы обоснованы и убедительно подтверждены в диссертационной работе; они согласуются с существующими представлениями физической химии и материаловедения.

Личный вклад соискателя. В диссертации представлены результаты работы, выполненной автором в лаборатории физической химии стекла ИХС РАН в период 2009 – 2016 г.г., которые включают литературный поиск; планирование эксперимента; участие в синтезе двухфазных стекол; исследование их плотности и химической устойчивости; изготовление пористых стекол и исследование структуры их порового пространства;

разработку методик и синтез композиционных материалов на основе ПС; исследование электропроводности и спектральных свойств материалов; пробоподготовку образцов для химического анализа, электронно-микроскопических, рентгено-дифракционных, энерго-дисперсионных и магнитных исследований; обработку результатов и участие в подготовке всех публикаций. Автор выступала руководителем проектов, поддержанных РФФИ (№12-03-31617-мол_a) и Правительством Санкт-Петербурга в 2012 г. и 2015 г.

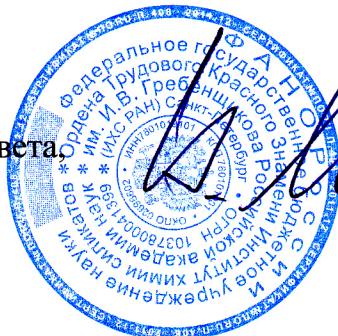
Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается ее комплексным характером, включающим последовательное 1) систематическое изучение структуры и свойств двухфазных натриевоборосиликатных стекол, модифицированных путем введения оксидов калия либо железа, в зависимости от температурно-временных режимов синтеза; 2) использование химического травления синтезированных двухфазных стекол с целью получения пористых стекол и исследование параметров их порового пространства и практически значимых свойств (в частности, электрических); 3) разработку физико-химических методик создания наноструктурированных композиционных материалов с использованием полученных пористых стекол в качестве матриц для внедрения сегнетоэлектрического компонента; 4) исследование структуры, а также электрических и магнитных свойств синтезированных композиционных материалов для подтверждения наличия в них двух типов упорядочения, присущих мультиферроикам.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что содержание диссертационной работы О.А. Пшенко «Синтез, структура и свойства диэлектрических и ферромагнитных пористых стекол и композитов со свойствами сегнетоэлектриков и мультиферроиков на их основе» представляет собой научно-квалификационную работу, которая 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. 11. Физико-химические основы процессов химической технологии; отрасль наук - химические науки). По актуальности, новизне, практической значимости диссертация О.А. Пшенко соответствует критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 28.08.2017 г.), потому что в ней решена задача разработки физико-химических методик создания новых пористых стекол и новых композиционных наноструктурированных стеклообразных

материалов с полезными функциональными свойствами; проведено их комплексное исследование в зависимости от условий синтеза, состава и структуры. Полученные результаты вносят вклад в развитие физической химии стекла и пористых тел, а также способствуют оптимизации современных технологий микроэлектроники, в которых используются сегнетоэлектрики и мультиферроики. Диссертационным советом принято решение присудить Пшенко Ольге Андреевне ученую степень кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 15 докторов наук (отдельно по каждой специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета (из них 0 человек дополнительно введены на разовую защиту), проголосовали: за - 16, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета,
д.х.н., академик




Шевченко Владимир Ярославович

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.х.н.



Масленникова Татьяна Петровна

27.12.2017 г.