
**СОСТАВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АТТЕСТАЦИОННОЙ КОМИССИИ
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 511700 - «ХИМИЯ, ФИЗИКА И МЕХАНИКА
МАТЕРИАЛОВ» (КВАЛИФИКАЦИЯ – БАКАЛАВР МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ)
в 2006 году.**

1.	Ковнеристый Юлий Константинович (председатель)	академик РАН, доктор техн. наук, профессор, директор ИМЕТ РАН
2.	Третьяков Юрий Дмитриевич	академик РАН, доктор хим. наук, профессор, декан ФНМ МГУ
3.	Кузнецов Владимир Николаевич	академик РАЕН, доктор физ.-мат. наук, зав. лабораторией, институт механики МГУ
4.	Мелихов Игорь Витальевич	чл.-корр. РАН, доктор хим. наук, профессор, зав. лабораторией, химический ф-т МГУ
5.	Гудилин Евгений Алексеевич	чл.-корр. РАН, доктор хим. наук, профессор, ФНМ МГУ
6.	Коренев Юрий Михайлович	доктор хим. наук, профессор, ФНМ МГУ
7.	Кауль Андрей Рафаилович	доктор хим. наук, профессор, зав. лабораторией, химический ф-т МГУ
8.	Горбенко Олег Юрьевич	доктор хим. наук, в.н.с., химический ф-т МГУ
9.	Скипетров Евгений Павлович	доктор физ.-мат. наук, профессор, физический ф-т МГУ
10.	Чурагулов Булат Рахметович	доктор хим. наук, профессор, химический ф-т МГУ
11.	Лазоряк Богдан Иосипович	доктор хим. наук, в.н.с., химический ф-т МГУ
12.	Пупышев Владимир Иванович	кандидат физ.-мат. наук, в.н.с., химический ф-т МГУ
13.	Путляев Валерий Иванович	канд. хим. наук, с.н.с., химический ф-т МГУ
14.	Елисеев Андрей Анатольевич	канд. хим. наук, ассистент, ФНМ МГУ
15.	Шаталова Татьяна Борисовна	канд. хим. наук, ст. преп., химический ф-т МГУ

**РАСПИСАНИЕ ЗАЩИТ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ СТУДЕНТАМИ ФНМ
в 2006 г.**

	Фамилия Имя Отчество	Тема	Место выполне- ния работы	Научный руководитель	Рецензент
1.	Плачинда Павел Андреевич	Каркасные бораты как перспективные материалы для нелинейной оптики	лаб. направленно-го неорганич. синтеза, каф. неорганич. химии, химич. ф-т МГУ	д.х.н. проф. Долгих Валерий Афанасьевич, д.ф-м.н. проф. Стефанович Сергей Юрьевич, лаб. технологии функцион. материалов, каф. хим. технологии и новых материалов, химич. ф-т МГУ	д.ф-м.н. проф. Акципетров Олег Андреевич, каф. квантовой электроники, физич. ф-т МГУ
2.	Волыхов Андрей Александрович	Исследование фазовых диаграмм систем, образуемых полупроводниковыми соединениями A4B6	лаб. химии и физики полупроводниковых материалов, каф. неорг. химии, химич. ф-т МГУ	к.х.н., в.н.с. Штанов Владимир Иванович, к.х.н., н.с. Яшина Лада Валерьевна	д.х.н., в.н.с. Васильев Валерий Петрович, каф. физич. химии, химич. ф-т МГУ
3.	Максимов Виктор Доржиевич	Гидротермально-микроволновой синтез простых и сложных оксидов циркония и гафния	лаб. неорганич. материаловедения, каф. неорганич. химии, химич. ф-т МГУ	д.х.н., в.н.с., проф. Чурагулов Булат Рахметович, асп. 3 г/о Мескин Павел Евгеньевич	д.х.н., в.н.с., Кецко Валерий Александрович, Институт общей и неорганич. химии РАН
4.	Ковалёва Елена Сергеевна	Сравнительный анализ биоактивности различных материалов с использованием модельных сред	лаб. неорганич. материаловедения, каф. неорганич. химии, химич. ф-т МГУ	к.х.н., асс. Вересов Александр Генрихович, ФНМ МГУ	к.х.н., с.н.с. Мингалев Павел Германович, каф. химии нефти и орг. катализа, химич. ф-т МГУ
5.	Попова Мария Николаевна	Синтез и изучение нано- и микропорошков $La_{1-x}Ag_yMnO_3$ ($y < x$) для клеточной гипертермии	лаб. химии координационных соединений, каф. неорганич. химии, химич. ф-т МГУ	д.х.н., с.н.с. Горбенко Олег Юрьевич, асп. 2 г/о Мельников Олег Вячеславович	к.х.н., ст. преп. Румянцева Марина Николаевна, каф. неорганич. химии, химич. ф-т МГУ
6.	Горожанкин Дмитрий Федорович	Получение и свойства наночастиц гексаферрита стронция в мезопористых матрицах	лаб. неорганич. материаловедения, каф. неорганич. химии, химич. ф-т МГУ	к.х.н. асс. Елисеев Андрей Анатольевич, ФНМ МГУ	к.х.н., асс. Васильев Роман Борисович, ФНМ МГУ

Тезисы квалификационных работ

Каркасные бораты как перспективные материалы для нелинейной оптики

Плачинда П.А.

Руководители: д.х.н., проф. Долгих В.А., д.ф.-м.н., проф. Стефанович С.Ю.

Одной из важных проблем современной фотоники, является создание твердотельного лазера, излучающего в УФ диапазоне. Прямая генерация на таких частотах видится затруднительной. В связи с этим перспективным путем является генерация второй гармоники излучения от стандартных источников

В рамках настоящей работы нами были получены по отработанной нами методике поликристаллические образцы соединений $M_2B_5O_9X$ ($M=Ca, Sr, Ba, Eu, Pb$; $X=Cl, Br$), принадлежащих к структурному типу хильгардита и боратитные производные состава $M_3B_7O_{13}X$ ($M=Mg, Ni, Cd$ $X=Cl, Br, I$). Была адаптирована известная из литературы методика роста монокристаллов боратита применительно к фазам других типов. Благодаря этому модифицированию, выращены монокристаллы хильгардитных соединений, пригодные для рентгеноструктурных исследований и монокристаллы фаз $Ln[B_6O_9(OH)_3]$ ($Ln=Er, Ho, Tm$) нового структурного типа, топология фундаментального строительного блока (ФСБ) которых родственна конфигурации боратитного ФСБ. Для всех полученных соединений измерена интенсивность сигнала второй гармоники (ИВГ) лазерного излучения. Интенсивность сигнала от хильгардитных образцов менялась в пределах от 80 относительных единиц (по стандартному эталону 5микронного $\alpha-SiO_2$) для $Pb_2B_5O_9Br$ до 4 от. ед. для $Ca_2B_5O_9Cl$, а для боратитных производных ИВГ оказалась на порядок ниже: от 14 от. ед. ($Cd_3B_7O_{13}Cl$) - до 0,2 от.ед. ($Ni_3B_7O_{13}I$). Однако последнее столь низкое значение обусловлено тем, что при комнатной температуре это вещество находится в параэлектрической фазе. Интенсивность сигнала второй гармоники от РЗЭ-боратцов составляла несколько единиц по кварцевому эталону.

Для объяснения такого расхождения в результатах измерений был предпринят расчет НЛО восприимчивостей изучаемых фаз на основе теории Филлипса-Ван Вехтена-Левина, модифицированной Ксуе для случая сложных кристаллов. Расчет выявил согласующееся с опытными данными существенное влияние природы катиона на величину ВГ. В результате расчета было обнаружено, что парциальный вклад различных типов связей в совокупную величину восприимчивости второго порядка существенно различается в случаях хильгардитов и боратцов. Хорошее согласование экспериментальных данных с теоретическими нарушается в случаях $Pb-Br$, $Pb-Cl$, $Eu-Br$ и $Eu-Cl$ хильгардитов. По-видимому, это расхождение связано с невозможностью учета в рамках предложенного теоретического подхода влияния неподеленной электронной пары свинца и частично заполненной f-оболочки Eu. Развитие теоретического подхода видится в использовании расчетных подходов ab-initio.

Публикации студента:

1. Zagudailova M.B., Plachinda P.A., Berdonosov P.S., Stefanovich S.Yu., Dolgikh V.A. *Second Harmonic Generation in Boracites* // **Inorganic Materials**, 2005, Vol.41, №4, p.393-396.
2. Paul A. Plachinda, Valery A. Dolgikh, Sergey Yu. Stefanovich and Petr S. Berdonosov *Nonlinear-optical susceptibility of hilgardite-like borates $M_2B_5O_9X$ ($X=Cl, Br$)* // **Solid State Sciences**, 2005, 7, p.1194-1200.

3. Stefanovich S.Yu., Eremicheva Yu.N., Sigaev V.N., Pernice P., Aronne A., Fanelli E., Plachinda P.A., Dolgikh V.A. *Optical Nonlinear Pb₂B₅O₉Br: A New Polar Dielectric with Glass-Forming Properties* // **Ferroelectrics**, 2005, Vol.318, p.105 – 112.
4. Plachinda P.A., Dolgikh V.A., Stefanovich S.Y. *Comparative study of framework borates optical non-linearities* // **Acta Cryst.**, 2005, A61, C364.
5. Charkin D.O., Plachinda P.A., Pervukhina N.V., Borisov S.V., Magarill S.A. *PbCl(ReO₄), a derivative of the matlockite (PbFCl) structure* // **Acta Cryst.**, 2006, E62, i23-i25.
6. Белоконова Е.Л., Аль-Ама А.Г., Стефанович С.Ю., Плачинда П.А. *Кристаллическое строение Pb₂[B₅O₉]Br по прецизионным монокристалльным рентгенодифракционным данным и структурная природа оптической нелинейности хильгардитов* // **Кристаллография** (в печати)
7. Плачинда П.А. *Взаимосвязь между химическим составом и нелинейно-оптической (НЛО) восприимчивостью галоген-боратов со структурой хильгардита M₂^{II}B₅O₉Hal* // «**Ломоносов-2003**», Секция «Фундаментальное материаловедение», апрель 2003, Москва, МГУ.
8. Плачинда П.А. *Теоретическое и экспериментальное исследование нелинейнооптической восприимчивости соединений со структурой хильгардита (M₂^{II}B₅O₉Hal)* // «**Ломоносов-2004**», Секция «Фундаментальное материаловедение», апрель 2004, Москва, МГУ.
9. Плачинда П.А. *Взаимосвязь между химическим составом и нелинейно-оптической восприимчивостью галогенборатов со структурой хильгардита M₂^{II}B₅O₉Hal* // **XIV-ая менделеевская школа-конференция студентов химиков**, май 2004, Иваново.
10. Sigaev V.N., Stefanovich S.Yu., Eremicheva Yu.N., Plachinda P.A., Dolgikh V.A. *Optical nonlinear Pb₂[B₅O₉]Br, a new polar dielectric with glassforming properties* // **7th European Conference on Applications of Polar Dielectrics**, September 6 - 9, 2004, Liberec, Czech Republic, Book of Abstracts 3-93.
11. Plachinda P.A., Dolgikh V.A., Stefanovich S.Yu. *Crystal structure-optical nonlinearity relations in boron oxide halides with hilgardite-type structures* // **The 4th International Conference on Inorganic Materials.**, 19-21 Sept.2004, Antwerp,Belgium, Book of Abstracts, p.163.
12. Плачинда П.А. *Новое семейство гептаборатов как материалов для нелинейной оптики* // «**Ломоносов-2005**», Секция «Фундаментальное материаловедение», апрель 2005, Москва, МГУ.
13. Plachinda P.A., Dolgikh V.A., Stefanovich S.Yu. *Comparative optical nonlinearity of framework borates* // **XXth Congress of the International Union of Crystallography**, 23-31 August 2005, Florence, Italy, Book of Abstracts, P.09.06.2
14. Плачинда П.А., Долгих В.А., Стефанович С.Ю. *Сравнительная оптическая нелинейность боратов, принадлежащих семействам хильгардитов и борацитов* // **V-ая Школа-семинар «Актуальные проблемы современной неорганической химии и материаловедения»**, ноябрь 2005, Звенигород.
15. Плачинда П.А. *Редкоземельные хантиты как перспективные материалы для лазерной генерации с самоудвоением частоты* // «**Ломоносов- 2006**», Секция «Фундаментальное материаловедение», апрель 2006, Москва, МГУ.
16. Плачинда П.А., Белоконова Е.Л. *Синтез и исследование структур высокотемпературных боратов в системе REE₂O₃-Al₂O₃-SiO-B₂O₃* // **V Национальная кристаллохимическая конференция**, 26-30 июня 2006, Черногоровка.

Исследование фазовых диаграмм систем, образуемых полупроводниковыми соединениями A^4B^6

Волыхов А.А.

Руководители: к.х.н., в.н.с. Штанов В.И., к.х.н., н.с. Яшина Л.В.

Фазовые диаграммы представляют собой фундаментальную физико-химическую информацию и находят широкое практическое применение. Существуют различные группы данных, которые могут быть использованы для их построения. Для обобщения информации и выбора наиболее надёжных данных применяется термодинамическое моделирование. Однако в большинстве случаев для корректного моделирования и однозначного выбора параметров взаимодействия (коэффициентов зависимости избыточной энергии Гиббса данной фазы от температуры и состава) данных недостаточно. Полезную дополнительную информацию представляют собой количественные закономерности в изменениях параметров взаимодействия в ряде гомологических систем.

В данной работе в рамках единого подхода промоделированы фазовые диаграммы квазибинарных систем, образуемых соединениями A^4B^6 при катионном и анионном замещении. Выявлены фундаментальные закономерности в изменении параметров взаимодействия на основании современных представлений о химической связи, а именно при помощи координат Симонса-Блоха, классифицирующих соединения по типам химической связи. Найдено, что для наиболее изученных твёрдых растворов с кубической структурой в системах GeTe-SnTe, GeTe-PbTe, SnTe-PbTe, PbS-PbSe, PbS-PbTe, PbSe-PbTe зависимость избыточной энергии Гиббса, интегрированной по составу, от расстояния Δr между компонентами в координатах Симонса-Блоха является линейной. Для систем, где в твердофазных равновесиях участвуют фазы с различной кристаллической структурой, а именно SnS-SnSe, SnS-SnTe, SnS-PbS, SnSe-SnTe, SnSe-PbSe, при расчёте требуется оптимизация большего числа параметров. Поэтому для однозначного описания использовалось предположение о линейной зависимости $G_{int}^E = f(\Delta r)$ как для кубических, так и для ромбических фаз.

Методом ДТА построены поверхности ликвидуса и солидуса, методами РФА и ЛРСА определены координаты области распада твёрдого раствора на T - x - y фазовой диаграмме квазитройной системы PbS-PbSe-PbTe.

С использованием параметров взаимодействия для квазибинарных систем и экспериментальных данных для квазитройных систем построены расчётные фазовые диаграммы квазитройных систем GeTe-SnTe-PbTe, PbS-PbSe-PbTe, SnS-SnSe-SnTe. Найдено, что для описания квазитройной системы PbS-PbSe-PbTe необходимо учитывать тройное взаимодействие не только в твёрдой, но и в жидкой фазе.

Публикации студента:

1. Волыхов А.А., Яшина Л.В., Штанов В.И. *О взаимодействии халькогенидов германия, олова и свинца в квазибинарных системах* // Неорганические материалы, 2006, т.42, №6, с.596-604.
2. Неудачина В.С., Волыхов А.А. *Исследование области спинодального распада в квазитройной системе PbTe-SnTe-GeTe* // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-2003», 15-18 апреля 2003, Москва, Тезисы докл., секция Химия, с.213.
3. Волыхов А.А. *Термодинамическое моделирование фазовых диаграмм систем PbTe-GeTe-SnTe и PbS-PbSe-PbTe* // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-2004», 12-15 апреля 2004, Москва, Тезисы докл., секция Химия, с.39.
4. Штанов В.И., Веремеев К.Ю., Яшина Л.В., Волыхов А.А., Маряшкин А.В. *Экспериментальное исследование и термодинамическое моделирование T - x - y фазовых диа-*

- грамм систем Pb-Ge-Te и Sn-Ge-Te // Научная конференция «Высокочистые вещества и материалы. Получение, анализ, применение», 31 мая – 3 июня 2004, Нижний Новгород, Тезисы докл., с.316-318.*
5. Волыхов А.А. *Исследование квазитройной системы PbS – PbSe – PbTe // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-2005», 12-15 апреля 2005, Москва, Тезисы докл., секция Химия, с.151.*
 6. Волыхов А.А. *Исследование квазитройной системы PbS–PbSe–PbTe // XV Менделеевская школа-конференция молодых ученых. 25-29 апреля 2005, Волгоград, тезисы докл., с.22-23.*
 7. Волыхов А.А., Яшина Л.В., Штанов В.И. *T-x-y диаграмма квазитройной системы PbS–PbSe–PbTe. // XV Международная конференция по химической термодинамике в России, 27 июня – 2 июля 2005, Москва, Тезисы докл., т.2, с.220.*
 8. Яшина Л.В., Leute V., Штанов В.И., Неудачина В.С., Волыхов А.А. *Фазовая диаграмма и реакционный путь в квазитройной системе GeTe–SnTe–PbTe // XV Международная конференция по химической термодинамике в России, 27 июня – 2 июля 2005, Москва, Тезисы докл., т.2, с.290.*
 9. Волыхов А.А. *Согласованная термодинамическая модель квазибинарных систем, образуемых соединениями A^4B^6 // V-я школа «Актуальные проблемы современной неорганической химии и материаловедения», 18-22 ноября 2005, Звенигород, Тезисы докладов, с.12.*
 10. Волыхов А.А. *Закономерности в изменении параметров взаимодействия в квазибинарных системах A^4B^6 // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-2006», 12-15 апреля 2006, Москва, Тезисы докл., секция Химия, т.1, с.127.*
 11. Волыхов А.А., Рыженков А.В. *Исследование фазовой диаграммы квазитройной системы PbS–PbSe–PbTe // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-2006», 12-15 апреля 2006, Москва, Тезисы докл., секция Химия, т.2, с.133.*
 12. Волыхов А.А. *Моделирование фазовых диаграмм квазибинарных систем, образованных соединениями A^4B^6 // XVI Менделеевская школа-конференция молодых ученых. 25-28 апреля 2006, Уфа, Тезисы докл., с.65-66.*

Гидротермально-микроволновой синтез простых и сложных оксидов циркония и гафния

Максимов В.Д.

Руководители: д.х.н., в.н.с., проф. Чурагулов Б.Р., асп. 3 г/о Мескин П.Е.

В настоящее время нанокристаллические ZrO_2 и HfO_2 являются основными компонентами целого ряда материалов, в том числе подложек, биокерамики, катализаторов и т.д. Высокодисперсные $BaZrO_3$ и $BaHfO_3$ находят применение в качестве химически инертных барьерных материалов обладающих высокой химической инертностью и электрокерамики. Одним из широко применяемых методов получения нанокристаллических оксидов, является гидротермальный синтез, который в большинстве случаев позволяет контролировать физико-химические характеристики получаемых оксидных порошков за счет варьирования параметров обработки – температурного режима и продолжительности синтеза, концентрации и кислотности (рН) обрабатываемых растворов, а также давления в системе. Применение дополнительных внешних воздействий, в частности, микроволновой обработки, способствует существенному расширению возможностей гидротермального метода. Так, гидротермально-микроволновой синтез успешно применяется для получения высокодисперсных порошков различных простых и сложных оксидов. При этом было по-

казано, что применение микроволнового воздействия в условиях гидротермальной обработки позволяет существенно сократить продолжительность синтеза, а получаемые высокодисперсные оксидные продукты характеризуются более узким распределением частиц по размерам [1]. Однако в научной литературе практически отсутствуют работы по гидротермально-микроволновому синтезу нанокристаллического HfO_2 , микрокристаллических BaZrO_3 и BaHfO_3 .

В связи с этим, цель настоящей работы – изучение фазового состава и физико-химических свойств высокодисперсных порошков диоксидов циркония и гафния, а также цирконата и гафната бария, полученных гидротермальным (ГТ) и гидротермально-микроволновым (ГТ-МВ) методами.

В работе получены следующие основные результаты:

Установлено, что микроволновое воздействие в гидротермальных условиях ($T=180^\circ\text{C}$) существенно ускоряет кристаллизацию аморфного гидроксида циркония $\text{ZrO}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ с образованием нанокристаллического ZrO_2 , что в первую очередь обусловлено увеличением скорости зародышеобразования новой фазы. ГТ-МВ обработка $\text{ZrO}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ способствует также значительному повышению доли термодинамически стабильной моноклинной модификации $m\text{-ZrO}_2$ (с увеличением продолжительности ГТ-МВ обработки содержание $m\text{-ZrO}_2$ увеличивается с 30 до 45 % при увеличении продолжительности от 30 до 90 мин).

Высокодисперсный гафнат бария BaHfO_3 был получен путем гидротермальной и гидротермально-микроволновой обработки суспензии $\text{HfO}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ в насыщенном растворе $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ($\text{pH}=13$) ($T=150^\circ\text{C}$, $t = 30; 60$ и 90 мин). Согласно данным РФА и СЭМ, образец, полученный гидротермальным методом, представляет собой кристаллический BaHfO_3 с размером частиц около 3 мкм. Размер кристаллитов BaHfO_3 почти на 3 порядка больше, чем у синтезированного из гидроксида гафния при $\text{pH}=6,5$ нанокристаллического диоксида гафния HfO_2 (ГТ-метод, $T=250^\circ\text{C}$). По-видимому, это связано с тем, что в сильно щелочной среде происходит интенсивный перенос гафния через раствор (за счет высокой растворимости аморфного гидроксида гафния в щелочной среде), что приводит к перекристаллизации и образованию достаточно крупных кристаллов BaHfO_3 . Если обычная гидротермальная обработка приводит к образованию продукта со средним размером кристаллитов BaHfO_3 - 3,5 мкм, то при использовании гидротермально-микроволнового метода очень существенно уменьшается средний размер кристаллитов BaHfO_3 - 1,1 мкм. Аналогичная картина наблюдается при синтезе цирконата бария BaZrO_3 : согласно данным СЭМ средний размер частиц образца, полученного ГТ-МВ методом, составляет около 3 мкм, а в случае образца, полученного ГТ методом размер кристаллитов около 4,5 мкм.

Как известно, основная особенность микроволнового нагрева заключается в равномерном подводе тепловой энергии по всему объему системы, что обеспечивает высокую скорость нагрева обрабатываемой среды и, как следствие, увеличение скорости реакции и однородность зародышеобразования. Все это приводит к формированию продукта синтеза (BaHfO_3) в виде более мелких частиц, чем при синтезе обычным гидротермальным методом.

Таким образом, результаты, полученные в данной работе, показывают, что гидротермально-микроволновой метод способствует скорости кристаллизации аморфных гидроксидов циркония и гафния в нанодисперсные оксиды ZrO_2 и HfO_2 , а также существенно уменьшению среднего размера кристаллитов в получаемых высокодисперсных порошках BaZrO_3 и BaHfO_3 .

Публикации студента:

1. Torkhov D.S., Burukhin A.A., Churagulov B.R., Rumyantseva M.N., Maksimov V.D. *Hydrothermal synthesis of nanocrystalline SnO_2 for gas sensors* // **Inorganic materials**, 2003, v.39, №11, p.1158–1162.

2. Kolen'ko Yu.V., Maximov V.D., Burukhin A.A., Muhanov V.A., Churagulov B.R. *Synthesis of ZrO₂ and TiO₂ nanocrystalline powders by hydrothermal process* // **Materials Science & Engineering C**, 2003, v.23, p.1033-1038.
3. Коленко Ю.В., Максимов В.Д., Гаршев А.В., Муханов В.А., Олейников Н.Н., Чурагулов Б.Р. *Физико-химические свойства нанокристаллического диоксида циркония, синтезированного из водных растворов хлорида и нитрата цирконила гидротермальным методом* // **Журнал неорганической химии**, 2004, т.49, №8 с.1237-1242.
4. Kolen'ko Yu.V., Maximov V.D., Garshev A.V., Meskin P.E., Oleynikov N.N., Churagulov B.R. *Hydrothermal synthesis of nanocrystalline and mesoporous titania from aqueous complex titanil oxalate acid solutions* // **Chemical Physics Letters**, 2004, v.388, p. 411-415.
5. Максимов В.Д., Чурагулов Б.Р. *Синтез нанокристаллического диоксида циркония из водных растворов хлорида цирконила гидротермальным методом* // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «**Ломоносов-2003**», секция "Фундаментальное материаловедение", 2003, Москва, МГУ.
6. Максимов В.Д. *Кристаллизация нанокристаллического диоксида циркония при гидротермальных условиях* // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «**Ломоносов-2004**», секция "Фундаментальное материаловедение", 2004, Москва, МГУ.
7. Максимов В.Д. *Кристаллизация нанокристаллического диоксида циркония при гидротермальных условиях* // **XIV Менделеевская школа-конференция студентов-химиков**, 11-14 мая 2004, Иваново.
8. Maksimov V.D. *Mechanism of nanocrystalline ZrO₂ crystallization from ZrO(NO₃)₂ and ZrOCl₂ aqueous solutions under hydrothermal conditions* // Международная конференция «**Sixth international conference on solvothermal reactions**», 2004, Индия.
9. Максимов В.Д. *Кристаллизация нанокристаллического диоксида циркония при гидротермальных условиях* // Всероссийский симпозиум «**Современные проблемы неравновесной термодинамики и эволюции сложных систем**», посвященный памяти лауреата Нобелевской премии И. Р. Пригожина, 13-24 апреля 2004, Москва.
10. Максимов В.Д. *Кристаллизация нанокристаллического диоксида циркония при гидротермальных условиях* // V Международная конференция «**Нелинейные процессы и проблемы самоорганизации в современном материаловедении**», 3-5 октября 2004, Воронеж.
11. Максимов В.Д. *Гидротермально-микроволновой синтез нанокристаллического диоксида циркония* // V Школа «**Актуальные проблемы современной неорганической химии и материаловедения**», 18-22 ноября 2005, Звенигород.
12. Максимов В.Д. *Гидротермально-микроволновой синтез нанокристаллического диоксида циркония* // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «**Ломоносов-2005**», секция «Фундаментальное материаловедение», 2005, Москва, МГУ.
13. Максимов В.Д., Мескин П.Е. *Гидротермально-микроволновой синтез простых и сложных оксидов* // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «**Ломоносов-2006**», секция «Фундаментальное материаловедение», 2006, Москва, МГУ.

Сравнительный анализ биоактивности различных материалов с использованием модельных сред

Ковалёва Е.С.

Руководители: к.х.н., асс. Вересов А.Г., к.х.н., доц. Путляев В.И.

Одним из важных направлений современной неорганической химии является разработка материалов для замены и восстановления поврежденных костных тканей [1]. В медицинской практике для этих целей используют большое количество биоматериалов, которые, в общем случае, классифицируют как токсичные (большинство металлов), инертные (керамика Al_2O_3 , ZrO_2) или биоактивные (стекла $CaO-SiO_2-P_2O_5$, материалы на основе гидроксилapatита $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$). Биоактивные материалы характеризуются высокой скоростью образования контактного слоя карбонатсодержащего гидроксилapatита (обеспечивающего сращивание) на границе раздела имплантат – кость. В основном первичный отклик организма на материал определяется физико-химическими свойствами поверхности имплантата, которые в первую очередь зависят от химического состава. Так, известно, что введение кремния в структуру апатита приводит к повышению биоактивности соответствующих керамических материалов.

Методы «in vivo» анализа биоматериалов (эксперименты с клетками, животными и человеком), как правило, сложны в реализации, дорогостоящи, требуют больших временных затрат, их моральный аспект законодательно недостаточно хорошо поработан. На практике широко востребованы “in vitro” (модельные) системы анализа, проверка адекватности которых требует детального исследования.

Основными задачами данной работы являлись: а) проверка адекватности методики оценки биоактивности широко спектра материалов в модельных условиях с использованием SBF растворов (искусственной межтканевой жидкости: pH = 7.4, 142 mM Na^+ , 5 mM K^+ , 1.5 mM Mg^{2+} , 2.5 mM Ca^{2+} , 125 mM Cl^- , 27 mM HCO_3^- , 1 mM HPO_4^{2-} , 0.5 mM SO_4^{2-}), б) получение изолирующих покрытий на поверхности токсичных / инертных материалов.

Объектами исследования данной работы служили материалы с различной природой (для которых априори известна реакция организма): сталь, покровное стекло, биокерамика на основе $Ca_{10}(PO_4)_{6-x}(SiO_4)_x(OH)_{2-x}$, биостекло $CaO-SiO_2-P_2O_5$, $Ca_3(PO_4)_2$. Для оценки “биоактивности” образцов были проведены тесты *in vitro*, моделирующие два процесса: (а) растворение материала в слабокислой среде (pH=4), создаваемой определенными группами клеток; (б) осаждение гидроксилapatита из межтканевой жидкости организма на поверхности материала. В качестве модельной среды был выбран раствор, повторяющий состав межтканевой жидкости организма (англ. “SBF” – Simulated Body Fluid), пересыщенный относительно ГАП.

Методы исследований: электронная микроскопия (РЭМ), ионометрия растворов (pH, pCa), рентгенография, рентгеноспектральный микроанализ, ИК-спектроскопия.

Полученные в данной работе материалы были ранжированы по скорости резорбируемости в кислой среде: $Ca_3(PO_4)_2 > CO_3$ -ГАП ($Ca_{10-0.5x}(PO_4)_{6-x}(CO_3)_x(OH)_2 > Si$ -ГАП ($Ca_{10}(PO_4)_{6-x}(SiO_4)_x(OH)_{2-x} >> GAП (Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$). Впервые было показано, что химическое модифицирование гидроксилapatита кремнием приводит к получению более резорбируемых образцов по сравнению с незамещенным ГАП.

В качестве характеристики биоактивности “in vitro” рассматривали скорость осаждения слоя гидроксилapatита на поверхности материала и его сплошность. Наиболее высокую поверхностную активность Si-ГАП (в отличие от более растворимого CO_3 -ГАП), как и в случае биоактивных стекол, можно связать с образованием на поверхности материала силанольных -SiOH групп, активно участвующих в процессе минерализации интерфейса. С ростом содержания кремния в апатите сплошность покрытия возрастала. В

случае минерализации стали, наблюдалась коррозия наряду с образованием слоя ГАП на поверхности.

В ходе систематического анализа указанного ряда материалов было показано, что модельные растворы могут использоваться для предварительного ранжирования материалов "in vitro"; кроме того, с их использованием можно получать изолирующие покрытия на поверхности токсичных / инертных материалов (на примере полиуретановых губок).

Данная работа выполнялась при поддержке РФФИ (грант № 02-03-33271) и программы "Университеты России" (грант № УР.06.03.006).

Литература:

1. Hench L.L., *J. Am. Ceram. Soc.*, 1998, **81** (7), 1705.
2. Gibson I.R., Best S.M., Bonfield W., *J. Biomed. Mater. Res.*, 1999, **44**, 422.

Публикации студента:

1. Ковалева Е.С., Кузнецов А.В., Соин А.В., Вересов А.Г. *Исследование биоактивности материалов с использованием модельных сред // Вестник молодых ученых*, 2005, Выпуск 2, с.221-225.
2. Ковалева Е.С., Кузнецов А.В., Соин А.В., Вересов А.Г. *Исследование биоактивности материалов с использованием модельных сред // Доклады Академии Наук*, 2005, т.405, №1, с.1-4.
3. Синицина О.В., Вересов А. Г., Ковалева Е.С., Коленько Ю.В., Путляев В.И., Третьяков Ю.Д. *Получение гидроксипатита гидролизом α -Ca₃(PO₄)₂ // Известия Академии наук*, 2005, Серия химическая, № 1, с.78-85.
4. Ковалёва Е.С., Вересов А.Г., Путляев В.И. *Анализ биоактивности материалов с использованием биомиметических модельных сред // Актуальные проблемы современной неорганической химии и материаловедения*, 2005, Звенигород, с.34.
5. Ковалёва Е.С. *Сравнительный анализ биоактивности материалов с использованием модельных растворов // XVI Менделеевская конференция молодых ученых*, 2006, Уфа, с.23-24.
6. Ковалёва Е.С. *Сравнительный анализ биоактивности материалов с использованием модельных сред // XII Международная научная конференция студентов аспирантов и молодых ученых «Ломоносов»*, 2005, Москва, МГУ, с.432-433.
7. Ковалёва Е.С. *Кинетика осаждения гидроксипатита в водных растворах // XIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов»*, 2006, Москва, МГУ, с.426.
8. Ковалёва Е.С. *Гидролиз трикальциевого фосфата // X Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов»*, 2003, Москва, МГУ, с.393.
9. Ковалёва Е.С. *Исследование биоактивности материалов на основе фосфатов кальция // XI Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов»*, 2004, Москва, МГУ, с.310.
10. Ковалёва Е.С. *Исследование биоактивности материалов на основе фосфатов кальция // Всероссийский симпозиум «Современные проблемы неравновесной термодинамики и эволюции сложных систем»*, 2004, Москва, МГУ, с.64.

Синтез и изучение нано- и микропорошков $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_y\text{MnO}_{3+\delta}$ ($y < x$) для клеточной гипертермии

Попова М.Н.

Руководители: д.х.н., с.н.с. Горбенко О.Ю., асп. Мельников О.В.

Общая гипертермия – это способ интенсивной терапии, при которой организм больного искусственно разогревается до температур, превышающих 39°C . Максимально возможный разогрев человека ограничен 42°C . Однако разогрев выше 42°C крайне необходим, т.к. раковая клетка погибает, начиная с $42,5^\circ\text{C}$ и выше. Было показано, что специальными методами гипертермии возможно преодолеть этот рубеж. Так одним из таких методов является *локальная гипертермия* (ЛГ).

В методе ЛГ локальный перегрев (на клеточном уровне) достигается за счет введения в организм ферромагнитных веществ, нагреваемых переменным магнитным полем, с размером частиц порядка 100 нм, например наночастицы Fe_3O_4 (ferrofluid) [1]. Однако использование ферромагнетиков с высокой температурой Кюри (T_c) крайне нежелательно, т.к. в этом случае сложно точно контролировать температуру частиц. Поэтому в последнее время ведутся активные поиски веществ с $T_c \approx 43-45^\circ\text{C}$.

В работе [2] было показано, что необходимой температуре фазового перехода $\approx 43^\circ\text{C}$ удовлетворяет состав $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_{3+\delta}$. Таким образом, целью настоящей работы является получение магнитных наночастиц $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_{3+\delta}$, удовлетворяющих требованиям по размерам частиц и температуре фазового перехода.

Образцы порошков $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_{3+\delta}$ были получены с использованием следующих методов: «бумажный» синтез, синтез из расплава с нитратом аммония, синтез в нанореакторах и пиролиз аэрозолей растворов нитратов. Методом рентгеновской дифракции показано, что во всех случаях удается получить фазу манганита лантана со структурой перовскита. Во всех случаях были изучены микроструктура и магнитная восприимчивость $\mu(T)$ полученных образцов.

Для частиц, полученных «бумажным» синтезом, было показано, что в тестах на биологическую совместимость с живыми клетками, последние погибают, что, по-видимому, связано со сложной формой внедряемых частиц. В случае синтеза порошка методом пиролиза аэрозолей получают частицы сферической формы, что более перспективно для метода ЛГ. Для частиц, полученных методом пиролиза аэрозолей, с целью уменьшения размеров частиц, использовали в качестве исходного раствор нитратов лантана, серебра и марганца (II) концентрацией $\approx 0,0005\text{M}$. Размер полученных частиц составил 100 нм.

Образцы, полученные пиролизом аэрозолей, помещали в переменное магнитное поле ($H=0,8\text{Tл}$, частота поля – 100 кГц). При этом измеряли температуру образца. Показано, что образец $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$ выходит на постоянную температуру 43°C за время 40 с и поддерживает эту температуру, что как раз и необходимо для применения данных составов для гипертермии.

С целью изолировать частицы, полученные методом пиролиза аэрозолей, от окружающей среды было проведено химическое модифицирование образцов $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_{3+\delta}$. Эффективность модифицирования поверхности показана путем измерения контактного угла дистиллированной воды на модельных образцах в виде тонких пленок состава $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$. На объемных образцах факт модифицирования доказан с помощью ИК- и Оже-спектроскопии.

Литература:

1. Rosensweig R.E. (2002) Heating magnetic fluid with alternating magnetic field // Journal of Magnetism and Magnetic Materials, № 252, p. 370-374.
2. O.Yu.Gorbenko, O.V. Melnikov, A.R. Kaul, A.M.Balagurov, S.N.Bushmeleva, L.I. Koroleva, R.V. Demin (2005) Solid solutions $La_{1-x}Ag_yMnO_{3+\delta}$: evidence for silver doping, structure and properties // Materials Science and Engineering B, № 116, p. 64-70.

Публикации студента:

1. Muysdinov R., Popova M., Kaul A., Stiens D., Wahl G. *Development and characterization of thin-film perovskite membranes with oxygen permeability* // **Mater. Res. Soc. Symp. Proc.**, 2005, v.835, K3.16.1.
2. Муйдинов Р.Ю., Попова М.Н., Кауль А.Р. *Получение и изучение тонкопленочных кислородных мембран на основе $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$* // **Доклады Академии Наук**, 2005, т.402, №2, с.1-4.
3. Muysdinov R., Parfenova A., Blednov A., Popova M., Mudretzova S., Kaul A. *Development and characterization of ceramic and film oxygen membranes* // High Temperature Superconductors and Novel Inorganic Materials Engineering (**MSU-HTSC VII**), June 20-25, 2004, Moscow, P 149.
4. Ruslan Muysdinov, Maria Popova, Anna Parfenova, Andrey Kaul, Dirk Stiens, Georg Wahl *Development and characterization of thin-film perovskite membranes with oxygen permeability* // **MRS 2004**, November 29 – December 3, 2004, Boston, K3.16, p.190-191.
5. Попова М.Н. *Получение и исследование керамических мембран состава $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$* // XI Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «**Ломоносов**», 12-15 апреля 2004, секция «Фундаментальное материаловедение», выпуск 11, стр.331-332.
6. Попова М.Н., Муйдинов Р.Ю., Кауль А.Р. *Исследование керамических мембран состава $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-d}$* // XII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «**Ломоносов**», 12-15 апреля 2005, секция «Фундаментальное материаловедение», выпуск 15, стр.458.
7. Muysdinov R., Filimonov D., Pokholok K., Popova M., Kaul A. *Investigation of $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{2.78}$ by mössbauer spectroscopy* // International Conference on the Applications of the Mössbauer Effect (**ICAME 2005**), September 5-9, 2005, Montpellier, France.
8. Муйдинов Р.Ю., Никонов А.В., Попова М.Н., Кауль А.Р., Иванов В.В., Липилин А.С., Спирин А.В., Хрустов В.Р. *Кислородопроницаемость тонкой керамики на основе $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-d}$* // III Всероссийский семинар с международным участием «**Топливные элементы и энергоустановки на их основе**», 31 января- 3 февраля 2006, Россия, Екатеринбург.
9. Мельников О.В., Горбенко О.Ю., Попова М.Н. *Свойства керамических образцов на основе $La_{1-x}Ag_yMnO_{3+\delta}$* // Школа-семинар «**Актуальные проблемы современной неорганической химии и материаловедения**», 18-22 ноября, 2005, Звенигород, с.53.
10. Попова М.Н., Мельников О.В. *Получение магнитных наночастиц $La_{0.8}Ag_{0.15}MnO_{3+\delta}$ для гипертермии* // XIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «**Ломоносов**», 12-15 апреля 2006, секция «Фундаментальное материаловедение», с.455-456.
11. Мельников О.В., Попова М.Н., Горбенко О.Ю., Кауль А.Р., Ацаркин В.А. *Получение магнитных наночастиц $La_{0.8}Ag_{0.15}MnO_{3+\delta}$ для локальной гипертермии* // **12-я Международная Плеская конференция по Магнитным Жидкостям**, состоится с 30 августа по 2 сентября 2006, Плес, Россия.

Получение и свойства наночастиц гексаферрита стронция в мезопористых матрицах

Горожанкин Д. Ф.

Руководитель: к. х. н., асс. Елисеев А. А.

Увеличение плотности записи на носителях информации является актуальной задачей современного материаловедения. Магнитные наноструктуры представляются наиболее перспективными материалами для создания новых устройств хранения информации. Однако наноразмерные системы ($<1000 \text{ нм}^3$) зачастую обладают малыми значениями температур блокировки и практически нулевой коэрцитивной силой при комнатной температуре. Решением этой проблемы может являться получение сильно анизотропных наночастиц в матрице.

В устройствах записи весьма распространенным материалом является ферримагнитный гексаферрит стронция, который характеризуется большой коэрцитивной силой и в то же время относительно доступен для синтеза. Таким образом, основной целью данной работы стало получение магнитных нанонитей $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ в матрицах, предотвращающих взаимодействие наночастиц. Матрица должна быть химически инертной и обладать упорядоченным расположением цилиндрических пор. Таким условиям удовлетворяет мезопористый оксид кремния (такой, как МСМ-41), и пленки пористого оксида алюминия. В мезопористом SiO_2 поры имеют гексагональное упорядочение; их длина достигает 10000 \AA , а диаметр в процессе синтеза можно варьировать от 20 до 500 \AA . Al_2O_3 также можно получить с гексагонально упакованными порами; методом получения этих матриц является двустадийное анодное окисление пластин алюминия в растворах кислот. При этом подбор условий окисления (плотности тока, времени окисления, кислоты) позволяет варьировать диаметр и глубину пор (диаметр от 15 до 200 нм ; толщина пленки $> 0.5 \text{ \mu m}$).

Первым этапом работы стало получение порошков чистого $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ цитратным методом. Для этого раствор, содержащий цитраты Fe и Sr и этиленгликоль выпаривали до образования геля, после чего высушивали и отжигали в атмосфере кислорода при различных температурах. Магнитные свойства полученных порошков были исследованы на приборе APD (Criogenics). Максимальная H_c составила 6400 Э при $T_{\text{отж}}=900 \text{ }^\circ\text{C}$.

В литературе отсутствуют данные по получению упорядоченных наночастиц $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ в матрицах. Нами был выбран подход, основанный на пропитке матриц растворами, содержащими цитраты Fe и Sr с последующей термической обработкой. Мезопористый SiO_2 получали темплатным методом синтеза - гидролизом тетраэтоксисилана в щелочной среде в присутствии ПАВ. Для получения наночастиц $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ в порах оксида кремния синтезированный SiO_2 , содержащий темплат в порах, пропитывали раствором в течение 2 суток, после чего высушивали и отжигали в O_2 . Наноконпозиты исследовали методами РФА, электронной дифракции, просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии, мессбауэровской спектроскопии, адсорбции/десорбции азота при 77K . Магнитные свойства наноконпозитов исследовали на SQUID-магнетометре. Образцы характеризуются довольно малой коэрцитивной силой и небольшим значением магнитной восприимчивости. Интересно сравнить магнитные свойства наноконпозитов Sr-Fe-O/SiO_2 и $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, также исследованных в работе – последние проявляют более низкие значения χ . Наночастицы α - и γ - Fe_2O_3 получали в порах SiO_2 следующим образом: матрицу с темплатом в порах пропитывали пентакарбонилем железа в инертной атмосфере, после чего подвергали термической обработке (отжиг в O_2 или разложение в H_2 с закалкой на воздух). Оптические свойства наноконпозитов α - $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ меняются в зависимости от температуры получения: в них был обнаружен «красный сдвиг» Eg.

Пленки пористого Al_2O_3 толщиной 100 нм получали в растворе щавелевой кислоты. Пропитку матрицы раствором цитратов проводили под вакуумом $1.5 \cdot 10^{-2}$ мм. рт. ст. с для удаления воздуха из пор. Показано, что в случае пропитки не в условиях вакуума заполнение пор раствором происходит не полностью, что приводит к формированию очень мелких по сравнению с объемом пор неупорядоченных частиц. Магнитные свойства полученных нанокмпозитов представляют большой интерес для дальнейших исследований.

Публикации студента:

1. Eliseev A.A., Napolskii K.S., Gorozhankin D.F., Lukashin A.V., Tretyakov Yu.D., Grigorieva N.A., Grigoriev S.V., Vorobiev A.A., Görnert P. *The Use of Mesoporous Systems for Preparation of One-Dimensional Ordered Magnetic Nanowires* // **Mat. Res. Soc. Symp. Proc.**, 2004, Vol. 788, L6.1.1. Available at MRS website.
2. Горожанкин Д.Ф., Елисеев А.А., Напольский К.С., Лукашин А.В., Кнотько А.В., Максимов Ю.В., Суздальев И.П., Гернерт П., Третьяков Ю.Д. *Получение и свойства наночастиц оксидов железа в матрице мезопористого диоксида кремния* // **Доклады Академии Наук, Химия**, 2004, т.396, №6, с.784-787.
3. Eliseev A.A., Gorozhankin D.F., Zaitsev D.D., Lukashin A.V., Knotko A.V., Tretyakov Yu.D., Goernert P. *Preparation of strontium hexaferrite nanowires in the mesoporous silica matrix (MCM-41)* // **J. Magn. Magn. Mater.**, 2005, V.290–291, p.106–109.
4. Горожанкин Д.Ф. *Получение и свойства наночастиц оксидов железа в матрице мезопористого диоксида кремния* // Тезисы докладов на всероссийском симпозиуме «**Современные проблемы неравновесной термодинамики и эволюции сложных систем**», посвященного памяти И.Р. Пригожина. Москва, 13-24 апреля 2004, с.47.
5. Горожанкин Д.Ф. *Получение и свойства наночастиц оксидов железа в матрице мезопористого диоксида кремния* // **XIV Менделеевская школа-конференция студентов-химиков**. 11-14 мая 2004, Иваново.
6. Gorozhankin D.F., Eliseev A.A., Knotko A.V., Lukashin A.V., Tretyakov Yu. D., Goernert P. *Preparation of iron oxide and strontium hexaferrite nanoparticles in the mesoporous silica matrix* // Seventh International Workshop «**High Temperature Superconductors and Novel Inorganic Materials Engineering**» (MSU-HTSC 7), June 20-25, 2004, Moscow.
7. Горожанкин Д.Ф., Елисеев А.А., Зайцев Д.Д., Лукашин А.В., Третьяков Ю.Д. *Магнитные наноматериалы на основе оксидов железа в матрице мезопористого диоксида кремния (MCM-41)* // V Международная конференция «**Нелинейные процессы и проблемы самоорганизации в современном материаловедении**», 3-5 октября 2004, Воронеж, с.134-136.
8. Горожанкин Д.Ф., Елисеев А.А., Зайцев Д.Д., Лукашин А.В., Третьяков Ю.Д. *Магнитные нанокмпозиты на основе Fe_2O_3 и $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ в матрице мезопористого диоксида кремния (MCM-41)* // 1-ая Всероссийская конференция по наноматериалам «**НАНО-2004**» 16-17 декабря 2004, Москва, ИМЕТ РАН, с.191.