

УТВЕРЖДАЮ:

ректор Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский
государственный технологический
институт (технический университет)»
профессор Шевчик А.П.

« 10 »

2017 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»

Диссертационная работа «Формирование оксидных нанокристаллов и нанокompозитов в гидротермальных условиях, строение и свойства материалов на их основе» выполнялась на кафедре физической химии Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) (СПбГТИ(ТУ)).

Соискатель, Альмяшева Оксана Владимировна, в период подготовки диссертации с 08.10.2012 по 07.10.2015 обучалась в докторантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) по специальности 02.00.04 – физическая химия. Научный консультант – заведующий лабораторией новых неорганических материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, д.х.н., проф., чл.-корр. РАН Гусаров Виктор Владимирович.

В настоящее время О.В. Альмяшева работает в должности заведующего кафедрой физической химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)».

Альмяшева Оксана Владимировна в 1998 г. окончила Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) по специальности

«Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов». В 2007 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия в диссертационном совете Д 002.107.01, созданном при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ордена Трудового Красного Знамени Институте химии силикатов имени И.В. Гребенщикова Российской академии наук.

По итогам обсуждения диссертационной работы О.В. Альмяшевой «Формирование оксидных нанокристаллов и нанокомпозитов в гидротермальных условиях, строение и свойства материалов на их основе» принято следующее заключение.

Оценка выполненной соискателем работы: представленная работа посвящена изучению процессов формирования, устойчивого существования и свойств оксидных функциональных материалов различного состава и строения. В качестве методов синтеза оксидных наноматериалов соискатель использовал методы «мягкой химии», основанные на синтезе материалов преимущественно в водных средах при относительно невысоких температурах. Особое внимание уделено процессам, протекающим в ходе гидротермальной обработки гидроксидов металлов, использование которой позволило получить слабоагломерированные наноразмерные частицы, со структурой зачастую отличной от структуры макроразмерных частиц.

На основании результатов проведенного сравнительного исследования процессов формирования нанокристаллических частиц ZrO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 при дегидратации гидроксидов в гидротермальных условиях автором показано, что основным условием, определяющим быстрое формирование оксидных наночастиц с узким распределением по размерам, является наличие генетической преемственности структуры вещества в предзародышевом состоянии и образующихся нанокристаллов, включая промежуточные соединения. В случае получения сложных оксидов, в том числе гидросиликатных наносвитков со структурой хризотила, показано, что на скорость их формирования в условиях «мягкой химии» оказывает значительное влияние не только структурная преемственность между исходным состоянием реакционной системы и конечным продуктом, но и пространственное сопряжение реагентов.

Полученные экспериментальные результаты позволили теоретически описать влияние пространственных ограничений в реакционной системе, на структуру и морфологию образующихся оксидных наночастиц. Разработан новый способ стабилизации аморфного состояния оксидных матриц путём включения в них оксидных наночастиц. Предложена физико-химическая модель, позволяющая теоретически

прогнозировать особенности структуры и морфологии продуктов фазообразования в нанокompозитах типа «реакционная среда – наноразмерные гетерофазные включения».

О.В. Альмяшевой предложена теоретическая модель, с помощью которой описано формирование оксидных наночастиц переменного состава со строением «кристаллическое ядро – аморфная оболочка» при дегидратации соосаждённых гидроксидов в гидротермальных условиях, как следствие кардинального изменения пределов смесимости компонентов при переходе от квазидвумерных слоёв переменного состава к трёхмерным структурам с сегрегацией одного из компонентов на поверхности наночастиц в виде аморфного слоя.

Таким образом, проведенное комплексное исследование закономерностей образования, роста, структурных трансформаций наночастиц простых и сложных оксидов металлов с привлечением современных физико-химических методов имеет большое значение как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения.

Актуальность диссертационной работы определяется необходимостью разработки научных основ формирования оксидных наноструктур, включая нанокompозиты, для создания новых функциональных материалов с заданными свойствами.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации: в диссертационной работе представлены результаты исследований, выполненных лично автором или под её непосредственным руководством.

Личный вклад автора в настоящую работу заключается в постановке цели и задач, разработке экспериментальных методик, непосредственном проведении экспериментов, обработке, анализе и обобщении полученных результатов. Часть экспериментальных исследований выполнена в рамках работы над двумя диссертациями на соискание ученой степени кандидата химических наук научным руководителем которых являлся О.В. Альмяшева (А.Н.Бугров «Полимер-неорганические композиты на основе карбо- и гетероцепных полимеров, модифицированных наночастицами ZrO_2 » (по специальностям 02.00.04 – физическая химия, 02.00.06 – высокомолекулярные соединения, 2013 г., диссертационный совет Д 002.229.01 при ИВС РАН); В.И. Попков «Формирование строения и свойства нанокристаллического ортоферрита иттрия» (по специальностям 02.00.21 – химия твердого тела, 02.00.04 – физическая химия, 2017 г., диссертационный совет Д 501.002.05 при МГУ им. М.В. Ломоносова)).

Степень достоверности результатов проведенных исследований определяется использованием в работе комплекса современных методов физико-химического анализа, воспроизводимостью результатов исследования. Сделанные выводы научно обоснованы и

являются обобщением результатов тщательно выполненного экспериментального исследования.

Научная новизна проведенных исследований может быть сформулирована в виде следующих положений:

Установлена решающая роль строения предзародышевых кластеров и размера критических зародышей различного строения на механизм формирования нанокристаллов в условиях «мягкой химии», их структуру и характер распределения частиц по размерам. Предложены механизмы формирования наночастиц простых оксидов в условиях гидротермального синтеза

Установлен механизм формирования наночастиц переменного состава типа «кристаллическое ядро - аморфная оболочка» в гидротермальных условиях.

Предложен механизм формирования сложных оксидов с перовскито- и шпинелеподобной структурой в гидротермальных условиях. Показана решающая роль структурной преемственности между исходным состоянием реакционной системы и конечным продуктом, а также пространственного сопряжения компонентов системы на формирование сложных оксидов в условиях «мягкой химии».

Показано определяющее влияние пространственного и химического сопряжения реагентов на скорость формирования наноситков со структурой хризотила

Предложена физико-химическая модель процесса образования новой фазы в условиях пространственных ограничений, позволяющая прогнозировать структуру формирующихся фаз.

Практическая значимость результатов проведенных исследований определяется тем, что обнаружена перспективность использования наноконпозитов «аморфный Al_2O_3 – наночастицы на основе ZrO_2 » в качестве катализаторов окисления водорода, устойчивых к деградации до температуры $\sim 1200^\circ C$. Впервые выявлен механизм повышения критической величины теплового потока перехода от пузырькового режима кипения к плёночному при кипении дисперсий наночастиц ZrO_2 , определяющийся самоорганизацией наночастиц на поверхности кипения в виде высокопористого иерархически организованного покрытия. Показано, что использование дисперсии наночастиц ZrO_2 позволяет на 30-50% повысить критическую величину теплового потока перехода от пузырькового кипения к плёночному режиму кипения, что делает перспективным применение этих частиц в теплоэнергетике. Предложен эффективный метод получения нанокристаллов сложных оксидов ($CoFe_2O_4$) с использованием микрореакторной технологии.

На основании результатов проведенных исследований получено 3 патента РФ.

Ценность научных работ соискателя заключается в разработке физико-химических представлений о формировании оксидных наноструктур, включая нанокompозиты, в условиях «мягкой химии» и их экспериментальное обоснование.

Диссертация Альмяшевой Оксаны Владимировны соответствует паспорту специальности 02.00.21 – химия твердого тела, в частности:

П1. Разработка и создание методов синтеза твердофазных соединений и материалов.

П2. Конструирование новых видов и типов твердофазных соединений и материалов.

П3. Изучение твердофазных химических реакций, их механизмов, кинетики и термодинамики, в том числе зародышеобразования и химических реакций на границе раздела твердых фаз, а также топохимических реакций и активирования твердофазных реагентов.

П7. Установление закономерностей «состав – структура – свойство» для твердофазных соединений и материалов.

П8. Изучение влияния условий синтеза, химического и фазового состава, а также температуры, давления, облучения и других внешних воздействий на химические и химико-физические микро- и макроскопические свойства твердофазных соединений и материалов.

По результатам проведенных исследования О.В. Альмяшевой опубликовано 147 работ, включая 67 статей (в том числе 61 статья в рецензируемых отечественных и международных научных журналах, рекомендованных перечнем ВАК, из них 49 статей - опубликованы после защиты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук), 77 тезисов докладов на научных конференциях и 3 патента РФ.

Основное содержание работы изложено в статьях:

1. Попков В.И., Тугова Е.А., Бачина А.К., **Альмяшева О.В.** Формирование нанокристаллов ортоферритов редкоземельных элементов $REFeO_3$ ($RE = Y, La, Gd$) при термической обработке соосажденных гидроксидов // Журнал общей химии. 2017. Т. 87.
2. **Almjasheva O.V.**, Garabadzhiu A.V., Kozina Yu.V., Litvinchuk L.F., Dobritsa V.P. Biological effect of zirconium dioxide-based nanoparticles // Nanosystems: physics, chemistry, mathematics. 2017. V. 8. № 3. P. 391-396.
3. Popkov, V.I., **Almjasheva, O.V.**, Semenova, A.S. Kellerman D.G., Nevedomskiy V., Gusarov V.V. Magnetic properties of $YFeO_3$ nanocrystals obtained by different soft-chemical methods // J Mater Sci: Mater Electron (JMSE). 2017.
4. Кнурова М.В., Миттова И.Я., Перов Н.С., **Альмяшева О.В.**, Нгуен А.Т., Миттова В.О., Самсонова В.В., Вирютина Е.Л. Влияние степени допирования на размер и

- магнитные свойства нанокристаллов $\text{La}_{1-x}\text{Zn}_x\text{FeO}_3$, синтезированных золь-гель методом // Журнал неорганической химии. 2017. Т. 62. № 3. С. 275-282.
5. **Альмяшева О.В.**, Денисова Т.А. Состояние воды в нанокристаллах диоксида циркония, полученных в гидротермальных условиях, и ее влияние на структурные превращения // Журнал общей химии. 2017. Т. 87. №1. С. 3-10.
 6. Попков В.И., **Альмяшева О.В.**, Панчук В.В., Семенов В.Г. Гусаров В.В. Роль предзародышевых образований в процессах формирования нанокристаллического ортоферрита иттрия // Доклады академии наук. 2016. Т. 471. № 4. С. 439–443
 7. Комлев А.А., Панчук В.В., Семенов В.Г., **Альмяшева О.В.**, Гусаров В.В. Влияние последовательности химических превращений на пространственную сегрегацию компонентов и образование периклазо-шпинельных нанопорошков в системе $\text{MgO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ // Журнал прикладной химии. 2016. Т. 89. Вып. 12. С. 1930-1936.
 8. **Almjasheva O.V.** Formation and structural transformations of nanoparticles in the $\text{TiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ system // Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics, 2016, 7 (6), P. 1031–1049
 9. **Альмяшева О.В.**, Гусаров В.В. Роль предзародышевых образований в управлении синтезом нанокристаллических порошков CoFe_2O_4 // Журнал прикладной химии 2016. V. 89. № 6, С. 689–695.
 10. Vasilevskaya A.K., **Almjasheva O.V.**, Gusarov V.V. Peculiarities of structural transformations in zirconia nanocrystals // Journal of Nanoparticle Research (2016) 18:188
 11. Малков А.А., Васильева К.Л., **Альмяшева О.В.**, Малыгин А.А. Влияние температуры обработки ZrO_2 на взаимодействие с тетрахлоридом титана // Журнал общей химии. 2016. Т. 86. №5. С. 736-743.
 12. Bugrov A.N., Rodionov I.A., Zvereva I.A., Smyslov R.Yu., **Almjasheva O.V.** Photocatalytic activity and luminescent properties of Y, Eu, Tb, Sm and Er-doped ZrO_2 nanoparticles obtained by hydrothermal method // Int. J. Nanotechnology. 2016. V. 13. № 1/2/3. P. 147-157.
 13. Попков V.I., **Almjasheva O.V.**, Nevedomskiy V.N., V.V. Sokolov V.V., Gusarov V.V. Crystallization behaviour and morphological features of YFeO_3 nanocrystallites obtained by glycine-nitrate combustion // Nanosystems: physics, chemistry, mathematics. 2015. V. 6. № 6. P. 866-874.
 14. Василевская А.К., **Альмяшева О.В.**, Гусаров В.В. Формирование нанокристаллов в системе $\text{ZrO}_2-\text{H}_2\text{O}$ // Журнал общей химии. 2015. Т. 85. № 12. С. 1937-1942.
 15. **Almjasheva O.V.** Heat-stimulated transformation of zirconium dioxide nanocrystals produced under hydrothermal conditions // Nanosystems: physics, chemistry, mathematics. 2015. V. 6. № 5. P. 697-703.

16. Попков В.И., **Альмяшева О.В.**, Шмидт М.П., Гусаров В.В. Механизм образования нанокристаллического ортоферрита иттрия при термообработке соосажденных гидроксидов // Журнал общей химии. 2015. Т. 85. №6. С. 901-907.
17. Попков В.И., **Альмяшева О.В.**, Шмидт М.П., Изотова С.Г., Гусаров В.В. Особенности формирования наночастиц $YFeO_3$ при термообработке продуктов глицин-нитратного горения // Журнал неорганической химии. 2015. Т. 60. № 10. С. 1308–1314.
18. Попков В.И., **Альмяшева О.В.**, Гусаров В.В. Исследование возможностей управления структурой нанокристаллического ортоферрита иттрия при его получении из аморфных порошков // Журнал прикладной химии. 2014. Т. 87. № 10. С. 1416-1420.
19. Popkov V.I., **Almjasheva O.V.** Formation mechanism of $YFeO_3$ nanoparticles under the hydrothermal condition // Nanosystems: physics, chemistry, mathematics. 2014. V. 5. № 5. P. 703-708.
20. **Almjasheva O.V.**, Gusarov V.V. Metastable clusters and aggregative nucleation mechanism // Nanosystems: physics, chemistry, mathematics. 2014. V. 5. № 3. P. 405-417
21. Попков В.И., **Альмяшева О.В.** Формирование нанопорошков ортоферрита иттрия $YFeO_3$ в условиях глицин-нитратного горения // Журнал прикладной химии. 2014. Т. 87. № 2. С. 185-189.
22. **Альмяшева О.В.**, Смирнов А.В., Федоров Б.А., Томкович М.В., Гусаров В.В. Особенности строения наночастиц переменного состава с флюоритоподобной структурой на основе систем ZrO_2 - Y_2O_3 , Gd_2O_3 , сформированных в гидротермальных условиях // Журнал общей химии. 2014. Т. 84. № 5. С. 710-716.
23. Смирнов А.В., Федоров Б.А., Томкович М.В., **Альмяшева О.В.**, Гусаров В.В. Наночастицы со строением типа «ядро-оболочка», формирующиеся в системе ZrO_2 - Gd_2O_3 - H_2O в гидротермальных условиях // Доклады академии наук. 2014. Т. 456. № 2. С. 171-172.
24. Нгуен Ань Тьен, Солодухин Д.О., Демидова С.Ю., **Альмяшева О.В.**, Миттова И.Я. Золь-гель формирование и свойства нанокристаллов твердых растворов $Y_{1-x}Ca_xFeO_3$ // Журн. неорган. химии. 2014. Т. 59. № 2, С. 166-171.
25. Bugrov A.N., **Almjasheva O.V.** Effect of hydrothermal synthesis conditions on the morphology of ZrO_2 nanoparticles // Nanosystems: physics, chemistry, mathematics. 2013. V.4. № 6. P.810.
26. Орлова А., Кукушкина Ю.А., Соколов В.В., **Альмяшева О.В.** Наноккомпозит S - ZrO_2 на основе терморасширенного графита // Наносистемы: физика, химия, математика. 2012. Т.3. №5. 138-143.

27. **Альмяшева О.В.**, Постнов А.Ю., Мальцева Н.В., Власов Е.А. Термостабильный катализатор окисления водорода на основе нанокompозита $ZrO_2-Al_2O_3$ // Наносистемы: физика, химия, математика. 2012. Т.3. № 6. С. 75-82.
28. Василевская А.К. **Альмяшева О.В.** Особенности фазообразования в системе ZrO_2-TiO_2 в гидротермальных условиях // Наносистемы: физика, химия, математика. 2012. Т. № 4. С.75-81.
29. Кучук И.С., **Альмяшева О.В.** Структурные превращения в нанокompозите $ZrO_2-Al_2O_3$ в процессе термической обработки // Наносистемы: физика, химия, математика. 2012. Т.3. № 3. С. 123-129.
30. Бугров А.Н., Власова Е.Н., Мокеев М.В., Попова Е.Н., Иванькова Е.М., **Альмяшева О.В.**, Светличный В.М. Распределение наночастиц диоксида циркония в матрице поли-(4,4'-оксидифенилен)пиромеллитимида // Высокомолекулярные соединения. Сер. Б. 2012. Т.54. №10. С. 1566-1575
31. Динь Ван Так, Миттова В.О., **Альмяшева О.В.**, Миттова И.Я. Синтез, структура и магнитные свойства нанокристаллического $Y_{3-x}La_xFe_5O_{12}$ ($0 \leq x \leq 0.6$) // Неорганические материалы. 2012. Т. 48. № 1. С. 81-86.
32. Бугров А.Н., **Альмяшева О.В.** Формирование наночастиц Cr_2O_3 в гидротермальных условиях // Наносистемы: физика, химия, математика. 2011.Т.2. №4. С. 126-132.
33. Няпшаев И.А., Щербин Б.О., Анкудинов А.В., Кумзеров Ю.А., Неведомский В.Н., Красилин А.А., **Альмяшева О.В.**, Гусаров В.В. Механические свойства наносвитков на основе $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ // Наносистемы: физика, химия, математика. 2011. Т. 2 № 2. С. 48-57
34. Красилин А.А., **Альмяшева О.В.**, Гусаров В.В. Влияние строения исходной композиции на формирование нанотубулярного гидросиликата магния // Неорганические материалы. 2011. Т.47. №10. С. 1222-1226
35. Динь Ван так, Миттова В.О., **Альмяшева О.В.**, Миттова И.Я. Синтез и магнитные свойства нанокристаллов $Y_{1-x}Cd_xFeO_{3-\delta}$ ($0 \leq x \leq 0.2$) // Неорганические материалы. 2011. Т. 47. № 10. С. 1251-1156.
36. **Альмяшева О.В.**, Федоров Б.А., Смирнов А.В., Гусаров В.В. Размер, морфология и структура частиц нанопорошка диоксида циркония, полученного в гидротермальных условиях // Наносистемы: физика, химия, математика. 2010. Т. 1. №1. С. 26-37.
37. **Альмяшева О.В.**, Гусаров В.В. Особенности процесса фазообразования в нанокompозитах // Журн. общей химии. 2010. Т. 80. № 3. С. 359-364

38. Нгуен Ань Тьен, Миттова И. Я., **Альмяшева О.В.** Влияние условий синтеза на размер и морфологию частиц ортоферрита иттрия, полученного из водных растворов // Журн. прикл. химии. 2009. Т. 82. № 11. С.
39. Нгуен Ань Тьен, **Альмяшева О.В.**, Миттова И. Я., Стогней О.В., Солдатенко С.А. Синтез и магнитные свойства нанокристаллов YFeO_3 // Неорганические материалы. 2009. Т. 45. № 11. С. 1392–1397
40. **Альмяшева О.В.**, Власов Е.А., Хабенский В.Б., Гусаров В.В. Термическая устойчивость и каталитическая активность композита аморфный Al_2O_3 -нанокристаллы ZrO_2 // Журнал прикл. химии 2009. Т. 82. № 2. С. 224-229.
41. Фокин Б.С., Беленький М.Я., Альмяшев В.И., Хабенский В.Б., **Альмяшева О.В.**, Гусаров В.В. Критический тепловой поток при кипении водной дисперсии наночастиц // Письма в ЖТФ. 2009. Т.35. №10. С. 1-5.
42. **Альмяшева О.В.**, Артамонова О.В., Миттова И.Я., Гусаров В.В. Спекание нанопорошков и свойства керамики на основе ZrO_2 // Перспективные материалы. 2009. №1. С. 91-94.
43. Кузнецова В.А., **Альмяшева О.В.**, Гусаров В.В. Влияние микроволновой и ультразвуковой обработки на образование CoFe_2O_4 в гидротермальных условиях // Физика и химия стекла. 2009. Т.35. №2. С. 266-272.
44. **Альмяшева О.В.**, Гусаров В.В. Зародышеобразование в средах с распределенными в них наночастицами другой фазы // ДАН. 2009. Т. 424. №5. С. 641-643.
45. Нгуен Ань Тьен, Миттова И.Я., **Альмяшева О.В.**, Кириллова С.А., Гусаров В.В. Влияние условий получения на размер и морфологию нанокристаллического ортоферрита лантана // Физика и химия стекла. 2008. Т. 34. №6. С. 992-998.
46. Yudin V.E., Otaigbe J.U., Svetlichnyi V.M., Korytkova E.N., **Almjasheva O.V.**, Gusarov V.V. Effects of nanofiller morphology and aspect ratio on the rheo-mechanical properties of polyimide nanocomposites // Express Polymer Letters.2008. V.2. № 7. P. 485-493.
47. **Альмяшева О.В.**, Уголков В.Л., Гусаров В.В. Термохимический анализ процессов десорбции и адсорбции воды на поверхности наночастиц диоксида циркония // Журн. прикладной химии. 2008. Т. 81. № 4. С. 571-575.

Патенты

1. Абиев Р.Ш., **Альмяшева О.В.**, Гусаров В.В., Изотова С.Г. Способ получения нанопорошков феррита кобальта и микрореактор для его реализации. Патент на изобретение № RU 2625981 С1. Дата публикации: 20.07.2017 Бюл. № 20. Дата начала отсчета действия патента: 16.09.2016.

2. Власов Е.А., Постнов А.Ю., Мальцева Н.В., **Альмяшева О.В.**, Проскурина О.В., Спецов Е.А. Способ получения каталитического покрытия для очистки газов // Патент на изобретение 2522561. Дата приоритета 26.10.2012. Дата регистрации 20.07.2014

3. Гусаров В.В., **Альмяшева О.В.**, Власов Е.А., Онуфриенко С.В., Безлепки В.В., Семашко С.Е., Ивков И.М., Хабенский В.Б., Грановский В.С., Бешта С.В. Пассивный каталитический рекомбинатор водорода // Патент на изобретение 2360734. Дата приоритета 23.06.2008. Дата регистрации 10.07.2009.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 16-13-10252), Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 16-03-00532-а, 15-08-03238-а, 13-08-01207-а, 13-03-12470-а, 13-03-00888-а), Российской академии наук (в рамках программ Президиума РАН «Разработка методов получения химических веществ и создание новых материалов» и «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов»).

Диссертационная работа Альмяшевой Оксаны Владимировны «Формирование оксидных нанокристаллов и нанокompозитов в гидротермальных условиях, строение и свойства материалов на их основе» на соискание ученой степени доктора химических наук полностью соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями на 2016 г.), соответствует паспорту специальности 02.00.21 – химия твердого тела и рекомендуется к защите.

Заключение принято на совместном заседании кафедры физической химии и кафедры физико-химического конструирования функциональных материалов на базе физико-технического института им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук.

Присутствовало на заседании 19 чел., из них 5 докторов наук.

Результаты голосования: «за» - 18 чел., «против» - нет, «воздержалось» - 1 чел., протокол № 3 от «10» октября 2017 г.

Председатель заседания кафедры
к.х.н., доцент



С.Г. Изотова

Секретарь кафедры
физической химии



Н.А. Иванова