

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

Университета ИТМО

д.т.н., профессор



В.О. Ещиков



«03» июня 2019 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО) Министерства образования и науки Российской Федерации

Диссертация «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ, УГЛЕРОДНЫХ И КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ОКСИДАМИ МЕТАЛЛОВ» выполнена в Химико-биологическом кластере федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО) и лаборатории ультрадисперсных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института Химии Коми научного центра Уральского отделения РАН.

В 2003 году Кривошапкин Павел Васильевич получил диплом химика в Сыктывкарском государственном университете по специальности «Физическая химия». В Институте химии Коми НЦ УрО РАН в 2006 году закончил аспирантуру, в 2007 году защитил диссертацию кандидата химических наук по специальности 02.00.04-физическая химия. В 2013 году присвоено ученое звание доцента по специальности «Физическая химия».

В период подготовки докторской диссертации Кривошапкин Павел Васильевич работал в должности директора научно-образовательного центра химического инжиниринга и биотехнологий Университета ИТМО.

По итогам обсуждения на расширенном заседании химико-биологического кластера принято следующее заключение:

Диссертация Кривошапкина Павла Васильевича на тему «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ, УГЛЕРОДНЫХ И КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ОКСИДАМИ МЕТАЛЛОВ», представленная на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.04 - физическая химия, является научно-квалификационной работой, в которой автором на основании выполненных исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области физической химии целлюлозных, углеродных и керамических функциональных материалов с наноструктурированной поверхностью на основе оксидов алюминия, железа (III), титана и никеля. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты и свидетельствует о личном вкладе соискателя в химическую науку. Новизна и практическая значимость результатов исследования состоят в развитии теории межчастичного взаимодействия наноразмерных объектов друг с другом или с поверхностью материалов, в рамках процессов гетерокоагуляции и адагуляции, установлении закономерностей адсорбции частиц оксидов металлов на границе раздела фаз, и установлении связи реакционной и сорбционной способности материалов в зависимости от их строения и условий синтеза. Использование частиц, волокон, слоев мембран и пленок в качестве каталитически активных и сорбционных материалов для очистки водных и газовых потоков и выбросов (каталитическое разложение пероксида водорода, органических загрязнителей, конверсия монооксида углерода, сорбция соединений тяжелых металлов).

Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации В диссертационной работе представлены данные научных исследований, осуществленных лично автором и под его руководством в Институте химии КомиНЦ УрО РАН (г.Сыктывкар) и Университете ИТМО (г.Санкт-Петербург). Личный вклад автора в диссертацию заключается в выборе направления, постановке целей и задач, разработке и осуществлении экспериментальных подходов, непосредственном проведении экспериментов, обработке, анализе и обобщении полученных результатов. Часть экспериментов выполнена в рамках работы над

диссертациями на соискание ученой степени кандидата химических наук В.И. Михайлова (2016 г. ИХС РАН, Диссертационный совет Д 002.107.01) и И.С. Мартакова (2017 г. ИХС РАН, Диссертационный совет Д 002.107.01), научным руководителем которых являлся автор. Ряд работ выполнен совместно с сотрудниками Института катализа СО РАН и Института химии силикатов РАН.

Отсутствие в диссертации заимствованного материала без ссылки на автора.

В тексте диссертации все заимствованные (цитируемые) из литературы сведения сопровождаются соответствующими ссылками на первоисточник.

Степень достоверности результатов, в диссертационной работе использован целый комплекс физических и физико-химических методов анализа, аттестованные методики определения концентрации компонентов, общепринятые и признанные в научном сообществе расчетные подходы. Результаты работы подтверждены корреляцией и сопоставлением с данными полученными разными методами и описанными в литературе.

Научная новизна работы. Получен комплекс новых данных относительно физико-химических и коллоидных свойств для бинарных дисперсных систем на основе наночастиц оксидов металлов и нанокристаллов целлюлозы или углеродных нановолокон. Установлен значительный вклад в энергетические параметры межчастичного взаимодействия таких факторов, как стержневидная морфология частиц и наличие структурной составляющей сил отталкивания, обусловленная особыми свойствами молекул растворителя в приграничных слоях; Разработан полуэмперической физико-химической модели, позволяющей прогнозировать процессы взаимодействия наноразмерных частиц оксидов металлов с псевдобесконечной поверхностью целлюлозных, углеродных или керамических функциональных материалов. Установлена решающая роль дальнедействующих сил в растворе, которые основаны на возникновении расклинивающего давления и перераспределении наночастиц из объема раствора к поверхности функциональных материалов. Предложена концепция формирования слоев оксидов металлов за счет регулирования электроповерхностных характеристик как частиц оксидов металлов, так и самих материалов. Разработаны новые подходы к синтезу керамических и композиционных волокон на основе оксидов алюминия, титана и железа (III) основанных на сочетании золь-гель и темплатного методов. Предложен механизм, описывающий формирование волокнистых или трубчатых форм в зависимости от состава дисперсионной среды, природы прекурсора и химической модификации полимера. Предложен уникальный подход получения керамических нановолокон оксидов алюминия и титана с поперечными размерами 60- 80нм, основанный на термической

обработке гибридных углерод-металлоксидных систем. Показано влияние малых добавок нановолокон (до 1%) на свойства армированных полимерных матриц, связанных со структурными перестройками в пограничных слоях композиционного материала. Выявлены физико-химические основы синтеза мезопористых композиционных пленок и мембран на основе оксидов алюминия и железа (III) с толщиной 7–10 мкм, мономодальным размером пор и равномерным распределением наночастиц Fe_2O_3 в алюмооксидной матрице. Показана зависимость и возможность регулирования текстурных характеристик, каталитических и оптических свойств мембран в условиях высокотемпературной обработки и варьирования состава материалов. Разработаны уникальные подходы формирования углеродных наноструктур на поверхности углеродного или керамического субстрата, за счет осаждения из газовой фазы на никелевом катализаторе, образующегося в результате восстановления наноструктурированной никельоксидной поверхности. Установленные закономерности позволяют создать гидрофобные мембраны для эффективного извлечения органических загрязнителей и биологических объектов из жидких и газовых потоков.

Теоретическая и практическая значимость работы. С теоретической точки зрения ценность работы заключается в описании механизмов межчастичного взаимодействия и формирования гибридных и композиционных материалов отличающихся своей морфологией и структурой в зависимости от природы поверхности компонентов, вида прекурсора и состава среды. Описанные подходы позволяют экстраполировать предложенные механизмы для синтеза материалов с заданной морфологией и свойствами на основе других оксидов, полимеров и углеродных структур. Полученные в работе материалы имеют высокую практическую направленность и могут быть использованы в ряде важных промышленных процессов. Использование частиц, волокон, слоев мембран и пленок в качестве каталитически активных и сорбционных материалов для очистки водных и газовых потоков и выбросов (каталитическое разложение пероксида водорода, органических загрязнителей, конверсия монооксида углерода, сорбция соединений тяжелых металлов). Керамические волокна перспективны для применения в качестве огнеупорных и футеровочных компонентов, теплоизоляторов, наполнения и армирования полимерных и керамических матриц. Наноструктурированные слои и пленки с контролируемыми оптическими свойствами и текстурными характеристиками используются в качестве основных компонентов оптических устройств, так же применяются в производстве мембранно-каталитических систем.

Ценность научных работ соискателя ученой степени. Кривошапкин Павел Васильевич является специалистом в области растворной химии функциональных, композиционных и керамических материалов. Основные научные труды связаны с разработкой методов получения наноразмерных частиц и волокон оксидов металлов, полисахаридов и углеродных материалов и их взаимодействию с функциональными материалами, выявлении закономерностей состав – структура – свойства и исследованием сорбционных и каталитических свойств материалов. Проведен цикл работ, направленный на изучение межчастичных процессов коагуляции и адагуляции, условий стабильности дисперсных систем. С его участием были разработаны новые гибридные материалы на основе волокон целлюлозы и углерода, а также мембранно-каталитические системы, показывающие эффективность при очистке жидких и газовых сред. Понимание механизмов формирования нано- и микроразмерных керамических волокон или трубок в результате темплатного синтеза, позволяет регулировать свойства конечных материалов, в том числе композитов на их основе.

Специальности, паспортам которых соответствует диссертация. Диссертационная работа Кривошапкина Павла Васильевича на тему «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ, УГЛЕРОДНЫХ И КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ОКСИДАМИ МЕТАЛЛОВ» соответствует паспорту научной специальности 02.00.04 - физическая химия в разделах: п.3 Определение термодинамических характеристик процессов на поверхности, установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях; п.4 Теория растворов, межмолекулярные и межчастичные взаимодействия; п.5 Изучение физико-химических свойств систем при воздействии внешних полей, а также в экстремальных условиях высоких температур и давлений; п.8 Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями осуществления химической реакции. п.9 Физико-химические основы процессов химической технологии.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

По результатам представленной работы было опубликовано 156 публикаций, включая 40 статей в рецензируемых российских и международных научных журналах, рекомендованных перечнем ВАК, 10 статей в сборниках и научных ежегодниках

организаций, 106 тезисов докладов конференций и 2 патента РФ.

Список основных публикаций соискателя ученой степени.

1. Дудкин, Б.Н., Кривошапкин П.В. Получение нано и субмикроразмерных алюмооксидных волокон в процессе дегидратации геля гибридного состава / Б.Н.Дудкин, П.В. Кривошапкин // Коллоидный журнал. – 2008. – Т.70. – №1. – С.26 – 31.
2. Дудкин Б.Н. Влияние наночастиц и нановолокон оксида алюминия на свойства эпоксидных композиций / Дудкин Б.Н., Зайнуллин Г.Г., Кривошапкина Е.Ф., Кривошапкин П.В., Рязанов М.А. // Физика и химия стекла – 2008. – Т.34. – №2. – С. 187 – 191.
3. Рябков Ю.И. Высокопрочная керамика на основе оксида алюминия / Рябков Ю.И., Осипов Г.А., Кривошапкин П.В., Агиней Р.В., Петров С.В.// Естественные и технические науки. 2010. №5. С.552 - 556.
4. Кривошапкина Е.Ф. Микропористая керамика кордиеритового состава на основе природного сырья / Кривошапкина Е.Ф., Кривошапкин П.В., Дудкин Б.Н. // Известия Коми научного центра, 2011. №3. С.7 – 13.
5. Кривошапкин П.В. Оценка поверхностных сил и формирование структуры в водно-органических дисперсных системах оксида алюминия / Кривошапкин П.В., Кривошапкина Е.Ф., Дудкин Б.Н. // Физика и химия стекла. 2012. Т.38. №5. С. 609 – 616.
6. Krivoshapkin P.V. Growth and structure of microscale fibers as precursors of alumina nanofibers /Krivoshapkin P.V., Krivoshapkina E.F., Dudkin B.N. // Journal of Physics and Chemistry of Solids. 2013. 74. P. 991-996.
7. Krivoshapkina E.F. Small-angle scattering of synchrotron radiation investigations of nanostructured alumina membranes synthesized by sol–gel method / Krivoshapkina E.F., Petrakov A.P., Krivoshapkin P.V., Zubavichus Y.V., Melgunov M.S. // Journal of Sol-Gel Science and Technology. 2013. 68. P.488-494
8. Кривошапкина Е.Ф. Окисление монооксида углерода на микрофльтрационных керамических мембранах / Кривошапкина Е.Ф., Ведягин А.А., Кривошапкин П.В., Десятых И.В. // Мембраны и мембранные технологии. 2013. Т. 3. № 2. С. 83-92.
9. Кривошапкина Е.Ф. Получение каталитических мембран с наноструктурированным слоем на основе оксида алюминия / Кривошапкина Е.Ф., Ведягин А.А., Кривошапкин П.В. // Российские нанотехнологии. Т.9. №7–8. 2014. С.59-64.
10. Михайлов В.И. Материалы на основе оксидов алюминия и железа, полученные гидротермальным методом / Михайлов В.И., Масленникова Т.П., Кривошапкин П.В. // Физика и химия стекла, 2014, Том 40, №6, С. 846-853.

11. Мартаков И.С. Влияние надмолекулярной структуры целлюлозы на морфологию волокон оксида алюминия, полученного золь-гель методом / Мартаков И.С., Кривошапкин П.В., Торлопов М.А., Кривошапкина Е.Ф., Дёмин В.А. // Химия в интересах устойчивого развития, 22 (2014) 145-151.
12. Martakov I.S. Application of Chemically Modified Celluloses as Templates for Obtaining of Alumina Materials / Martakov I.S., Krivoshapkin P.V., Torloпов M.A., Krivoshapkina E.F. // Fibers and Polymers. 2015. Vol. 16. N 05. P. 975-981.
13. Krivoshapkin P.V. Mesoporous Fe-alumina films prepared via sol-gel route / Krivoshapkin P.V., Mikhaylov V.I., Krivoshapkina E.F., Zaikovskii V.I., Melgunov M.S., Stalugin V.V. // Microporous and Mesoporous Materials. 2015. 204. P. 276-281.
14. Михайлов В.И. Влияние нанодисперсного оксида железа(III) на морфологию микроразмерных волокон оксида алюминия / Михайлов В.И., Кривошапкина Е.Ф., Демин В.А., Тропников Е.М., Кривошапкин П.В. // Журнал общей химии, 2016, Т. 86, № 2, С. 185-190.
15. Mikhaylov V.I. Hydrothermal synthesis, characterization and sorption properties of Al/Fe oxide-oxhydroxide composite powders / Mikhaylov V.I., Maslennikova T.P., Ugolkov V.L., Krivoshapkin P.V. // Advanced Powder Technology 27 (2016) 756-764
16. Михайлов В.И. Влияние электрокинетических взаимодействий на морфологию оксида железа (III) при темплатном синтезе / Михайлов В.И., Кривошапкина Е.Ф., Рябков Ю.И., Кривошапкин П.В. // Физика и химия стекла, 2016, Т. 42, № 6, С. 752-763.
17. Кривошапкина Е.Ф. Использование природного сырья для получения макропористой кордиеритовой керамики / Кривошапкина Е.Ф., Рябков Ю.И., Кривошапкин П.В. // Огнеупоры и техническая керамика. 2016. №4-5. с.47-53.
18. Мартаков И. С. Изучение устойчивости гибридных дисперсий нанокристаллической целлюлозы и оксида алюминия / Мартаков И. С., Кривошапкин П. В., Торлопов М. А., Михайлов В.И., Кривошапкина Е.Ф. // Физика и химия стекла, 2016, Т. 42, № 6. С. 764-772.
19. Мартаков И. С. Получение пористой проницаемой керамики из волокон оксида алюминия, синтезированных темплатным методом / Мартаков И. С., Торлопов М. А., Кривошапкина Е. Ф., Дёмин В. А. Кривошапкин П.В. // Огнеупоры и техническая керамика. 2016. № 6. С.17-21.
20. Krivoshapkin P.V. Sol-gel template preparation of alumina nanofillers for reinforcing the epoxy resin / Krivoshapkin P. V., Mishakov I. V., Krivoshapkina E. F., Vedyagin A. A., Sitnikov, P. A. // Journal of Sol-Gel Science and Technology, 2016, V. 80, № 2, P. 353-361.
21. Krivoshapkin P.V. Application of carbon fibers to the template synthesis of titanium dioxide / Krivoshapkin P.V., Mishakov I.V., Krivoshapkina E.F., Vedyagin A.A. // Solid Fuel Chemistry. – 2016. – Т. 50. – №. 3. – P. 187-190.

22. E.F. Krivoshapkina Synthesis of Al₂O₃-SiO₂-MgO Ceramics with Hierarchical Porous Structure / E.F. Krivoshapkina, P.V. Krivoshapkin, A.A. Vedyagin // Journal of Advanced Ceramics. 2017. doi:10.1007/s40145-016-0210-4
23. Mikhaylov V.I. Characterization and sorption properties of γ -AlOOH/ α -Fe₂O₃ composite powders prepared via hydrothermal method / Mikhaylov V.I., Maslennikova T.P., Krivoshapkin P.V. // Materials Chemistry and Physics Vol. 186, 2017, P. 612-619.
24. Mikhaylov V.I. Synthesis and characterization of sponge-like α -Fe microtubes / Mikhaylov V.I., Krivoshapkina E.F., Belyi V.A., Krivoshapkin P.V. // Chemical Engineering Science, 2017, V.163, P.27-30.
25. Tsvetkov N.V. Hydrodynamic and optical characteristics of hydrosols of cellulose nanocrystals / Tsvetkov N.V., Lebedeva E.V., Lezov A.A., Perevyazko I., Petrov M.P., Mikhailova M. E., Lezova A.A., Torlopov M.A., Krivoshapkin P.V. // Colloid and Polymer Science. 2017. 295: 13.
26. Mikhaylov V.I. Heteroaggregation of cellulose nanocrystals with Fe₂O₃ nanoparticles / Mikhaylov V.I., Torlopov M.A., Krivoshapkina E.F., Martakov I.S., Krivoshapkin P.V. // Journal of Sol-Gel Science and Technology (2017). doi:10.1007/s10971-017-4374-3
27. Krivoshapkin PV Synthesis and characterization of carbon/ceramic composite materials for environmental applications / Krivoshapkin PV, Mishakov IV, Vedyagin AA, Bauman YI, Krivoshapkina EF. // Composites Communications, 2017, 6, 17-19
28. Михайлов В.И. Устойчивость нанокристаллической целлюлозы в водных растворах KCl / Михайлов В.И., Торлопов М.А., Мартаков И.С., Кривошапкин П.В. // Коллоидный журнал. 2017. Т:79, №.2. 174-181.
29. Vedyagin A.A. Sol-gel synthesis and characterization of two-component systems based on MgO / Vedyagin A.A., Mishakov I.V., Karnaukhov T.M. Krivoshapkina E.F., Plyina E.V., Maksimova T.A., Cherepanova S.V., Krivoshapkin P.V. // Journal of Sol-Gel Science and Technology (2017) 82: 611. doi:10.1007/s10971-017-4321-3
30. Torlopov MA. Regulation of structure, rheological and surface properties of chitin nanocrystal dispersions / Martakov IS, Mikhaylov VI, Tsvetkov NV, Krivoshapkin PV. // Carbohydrate Polymers, 2017, 174, 1164-1171
31. Martakov I.S. Interaction of cellulose nanocrystals with titanium dioxide and peculiarities of hybrid structures formation / Martakov I.S., Torlopov M.A., Mikhaylov V.I., Krivoshapkina E.F., Silant'ev V.E., Krivoshapkin P.V. // Journal of Sol-Gel Science and Technology. (2017) DOI : 10.1007/s10971-017-4447-3
32. Ivanets A.I. Sorption behavior of ⁸⁵Sr onto manganese oxides with tunnel structure / Ivanets A.I., Prozorovich V.G., Kouznetsova T.F., Radkevich A.V., Krivoshapkin P.V., Krivoshapkina E.F., Sillanpää M. // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2018. P.1-11

33. Krasnikova I.V. Hierarchically structured carbon-carbon nanocomposites: The preparation aspects / Krasnikova I.V., Mishakov I.V., Vedyagin A.A., Krivoschapkin P.V., Korneev D.V. // *Composites Communications*. 2018. Vol. 7, Pages 65-68.
34. Torloпов M.A. Cellulose nanocrystals with different length-to-diameter ratios extracted from various plants using novel system acetic acid/phosphotungstic acid/octanol-1. / Torloпов M.A., Mikhaylov V.I., Udoratina E.V., Aleshina L.A., Prusskii A.I., Tsvetkov N.V., Krivoschapkin P.V. // *Cellulose*. 2018. Vol. 25, I.2, pp 1031–1046. DOI: 10.1007/s10570-017-1624-z.
35. Krivoschapkina E.F. Sol-Gel Synthesis of Nanostructured Alumina Supports for CO Oxidation Catalysts / Krivoschapkina E.F., Krivoschapkin P.V, Vedyagin A.A. // *Materials Science Forum*, 2018. Vol.917. p.152-156. DOI:10.4028/www.scientific.net/MSF.917.152
36. Mikhaylov V.I. Express Al/Fe oxide–oxyhydroxide sorbent systems for Cr(VI) removal from aqueous solutions / Mikhaylov V.I., Maslennikova T.P., Krivoschapkina E.F., Tropnikov E.M., Krivoschapkin P.V. // *Chemical Engineering Journal*. 2018. DOI:10.1016/j.cej.2018.05.023
37. V.I. Mikhaylov, Detection and adsorption of Cr(VI) ions by Mesoporous Fe-Alumina Films / V.I. Mikhaylov, E.F. Krivoschapkina, A.L. Trigub, V.V. Stalugin, P.V. Krivoschapkin // *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. 2018. DOI: 10.1021/acssuschemeng.8b01598.
38. E.A.Nazarova Macroporous ceramic filters from mineral raw materials for machine oils filtration / E.A.Nazarova, D.S.Alimova, V.I.Mikhaylov, E.F.Krivoschapkina, P.V.Krivoschapkin // *Ceramics International* Volume 45, Issue 7, Part A, 2019, Pages 8767-8773
39. P.V.Krivoschapkin, Nanochitin/manganese oxide-biodegradable hybrid sorbent for heavy metal ions / P.V.Krivoschapkin, A.I.Ivanets, M.A.Torloпов, V.I.Mikhaylov, V.Srivastava, M.Sillanpää, V.G.Prozorovich, T.F.Kouznetsova, E.D.Koshevaya, E.F.Krivoschapkina // *Carbohydrate Polymers* Volume 210, 15 April 2019, Pages 135-143.
40. Martakov I.S. Biotemplate synthesis of porous alumina fibers and filters with controlled structure and properties / Martakov I.S., Torloпов M.A., Krivoschapkina E.F., Kalikina P.A., Navrotskaya A.G., Koshel E.I., Galkina A.N., Demin V.A., Krivoschapkin P.V. // *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2018.07.013>

Патенты:

1. Кривошапкин П.В. Макропористый керамический материал с углеродным нановолокнистым покрытием и способ его получения / Кривошапкин П.В., Кривошапкина Е.Ф., Мишаков И.В., Ведягин А.А. // Патент РФ №2620437 от 25.05.2017
2. Михайлов В.И. Железооксидные и железные микроразмерные трубки и способ их получения / Михайлов В.И., Кривошапкина Е.Ф., Торлопов М.А., Кривошапкин П.В. // Патент РФ № 2017115161/03(026289) от 27.04.2017.


Таким образом, диссертация **Кривошапкина Павла Васильевича** на тему «**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ, УГЛЕРОДНЫХ И КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ОКСИДАМИ МЕТАЛЛОВ**» развитие физико-химических основ межчастичных взаимодействий наноразмерных объектов с поверхностью материалов, имеющих различную природу и химическую реакционную способность. На основании экспериментальных данных и моделирования процессов взаимодействия были разработаны универсальные подходы к модификации поверхности керамических, углеродных и целлюлозных материалов наноразмерными оксидами металлов. Данные методы позволяют добиваться регулирования характеристик и сорбционных и каталитических свойств материалов, и масштабировать полученные знания на объекты других составов и морфологии.

Диссертация «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ, УГЛЕРОДНЫХ И КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ОКСИДАМИ МЕТАЛЛОВ» Кривошапкина Павла Васильевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности **02.00.04 - физическая химия.**

Настоящее заключение принято на расширенном заседании химико-биологического кластера Университета ИТМО. Присутствовало на заседании 27 чел, из них 7 докторов наук.

Результаты голосования: «ЗА» - 27 чел., «ПРОТИВ» - нет, «ВОЗДЕРЖАЛОСЬ» - нет (протокол № 9 от «16» апреля 2019 года).

Председательствующий
на расширенном заседании
химико-биологического
кластера Университета ИТМО



Виноградов В.В.

д.х.н., доцент химико-биологического
кластера Университета ИТМО,
тел. +7 (921) 890-67-73
vinogradov@scamt-itmo.ru

Секретарь
расширенного заседания
химико-биологического
кластера Университета ИТМО



Волкова О.В.

д.т.н., доцент, профессор научно-образовательного центра химического инжиниринга и биотехнологий
Университета ИТМО, тел. +7(812)315-21-73, e-mail: ovvolkova@corp.ifmo.ru