

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской
академии наук
(ИСПМ РАН)**

**Отчет по основной референтной группе 8 Физическая химия, химическая физика,
полимеры**

Дата формирования отчета: **22.05.2017**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Инфраструктура научной организации

1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности науч- ных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструк- торские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

2. Информация о структурных подразделениях научной организации

СТРУКТУРА ОРГАНИЗАЦИИ

1. Лаборатория синтеза элементоорганических полимеров

Разработка новых методов синтеза элементоорганических полимеров, в частности, получение новых полимерных форм: дендримеров, сверхразветвленных полимеров, наногелей, многолучевых звезд. Исследование свойств новых форм полимерной материи.

2. Лаборатория структуры полимеров

Разработка научно-технологических основ получения новых типов экологически безопасных высокотехнологичных полимерных и композиционных материалов, обладающих высокими механическими и специальными функциональными свойствами на основе гибко- и жесткоцепных полимеров различной природы.

3. Лаборатория термостойких термопластов

Создание нового поколения высокотемпературных высокотехнологичных полимерных материалов на основе полигетероариленов, фторполимеров и других полимеров, облада-



ющих высокими технологическими, функциональными и эксплуатационными характеристиками.

4. Лаборатория твердофазных химических реакций

Твердофазное модифицирование биосовместимых природных и синтетических полимеров, создание на их основе наноструктур и композитов с заданными свойствами, в том числе гибридных полимер-неорганических, установление закономерностей формирования их структуры.

5. Лаборатория функциональных полимерных структур

Разработка функциональных материалов с особыми физическими и химическими свойствами, в том числе пленочных, градиентных, наноматериалов, на основе высокоочищенных веществ, необходимых для обеспечения создания техники новых поколений. Разработка новых технологий получения материалов, основанных на принципах самоорганизации и самосборки. Разработка биосовместимых полимерных и композиционных материалов нового поколения, с регулируемыми физико-механическими свойствами и сроками биорезорбции, предназначенных для регенеративных клеточных технологий в медицине.

6. Лаборатория радиационного модифицирования полимеров

Радиационно-химические подходы к получению полимерных функциональных материалов с заданной структурой. Радиационно-химический синтез металлополимерных нанокомпозитов в растворах, суспензиях и гелях полиэлектролитов. Синтез и исследование радиационной стабильности краун-содержащих сорбентов.

7. Лаборатория функциональных материалов для электроники и фотоники

Разработка и исследование свойств новых функциональных материалов для органической электроники и фотоники, таких как органические тонкопленочные транзисторы, органические фотоэлементы и светодиоды, пластмассовые сцинтилляторы, полимерные спектросмещающие и сцинтилляционные пластины и волокна.

3. Научно-исследовательская инфраструктура

Научно-исследовательская инфраструктура: научное оборудование

В ИСПИМ РАН имеется необходимое лабораторное аналитическое оборудование, спектральные приборы, газовые и жидкостные хроматографы, разрывные машины, установки для определения электропроводности, релаксационных и сенсорных характеристик материалов, электронные микроскопы, оборудование для исследования структуры и свойств полимеров и полимерных композиционных материалов. Все оборудование используется в режиме коллективного доступа, обеспечивая выполнение плановых заданий всех подразделений Института.

В частности, активно используется следующее уникальное оборудование:

- сканирующий зондовый микроскоп Solver P47 (NT-MDT, Россия), работающий в контактном, полуконтактном, фрикционном и др. режимах.

- многоугольной лазерный эллипсометр L117F (Gaertner Scientific Corporation)



- несколько установок для получения тонких полимерных пленок методом газофазной полимеризацией на поверхности

- сканирующий электронный микроскоп Jeol JSM 5300LV

- полностью компьютеризированная установка (ленгмюровская ванна) LB5 (NT-MDT), укомплектованная блоком для переноса полимерных слоев на твердые подложки (метод Лэнгмюра-Блоджетт)

- полностью компьютеризированный ЭПР спектрометр (СПИн 3, Россия)

- трибологический тестер Т-01М (Польша)

- синусоидальный вибровискозиметр SV-10А (AND, Япония)

- универсальные испытательные машины Hounsfield H1K-S (Великобритания) и Shimadzu AGS-10

- лазерный анализатор размера частиц с измерением Z-потенциала NPA 151-31A (ZETA TRAC, США)

- лабораторный микроскоп Axioskop 40 (ZEISS, Германия)

- Фурье-спектрометр Nicolet 6700 с термоприставкой диффузного отражения

- атомно-силовой микроскоп Solver NEXT (NT-MDT, Россия)

- ЯМР-спектрометр Bruker Avance II TM 300

- система синхронного термического анализа STA 449 F3 JUPITER и термо-механический анализатор TMA 402 F3 Hyperion для работы в температурном диапазоне до 1000 оС с подключением для анализа выделившихся газов к масс- и Фурье-ИК спектрометрам (NETZSCH, Германия)

- линейка приборов для испытаний огнезащитных и негорючих полимерных материалов

- линейка приборов для измерения электродинамических характеристик материалов в диапазоне дл 40 ГГц

- полупромышленный двухшнековый экструдер Verstorff Z-40

- лабораторный двухшнековый смеситель и литьевая машина

- опытный стенд для формования нитей, волокон и пленок из растворов и расплавов полимеров

- опытный стенд для твердофазного формования высокопрочных материалов из реакторных порошков сверхвысокомолекулярного полиэтилена

С использованием всего комплекса объектов научно-исследовательской инфраструктуры получены такие крупные научные результаты, как:

- Впервые синтезированы и охарактеризованы хроматографически чистые образцы карбосилановых дендримеров 5-8 генераций и исследованы реологические свойства их расплавов, количественно иллюстрирующие образования физической сетки зацеплений нового типа у дендримеров высших генераций; полиметилсилсесквиоксанные наногелевые полимеры, обладающие структурой полициклическое метилсилсесквиоксановое ядро — триметилсилильная оболочка для новых типов жидких сред, перспективных для получения



смазок и дисперсионных сред различного назначения; фторкремнийорганические сополимеры для эффективных гидрофобизаторов с краевым углом смачивания 107-111°.

- Впервые разработан новый дизайн и универсальный синтетический подход к получению донорно-акцепторных олигомеров для высокоэффективных органических солнечных батарей на основе электронодонорного дитиеносилольного блока, соединенного олиго-тиофеновыми фрагментами различной длины с электроноакцепторными алкилдициано-винильными группами; разработаны кремнийорганические наноструктурированные люминофоры, представляющих собой особый тип молекулярных антенн, состоящих из двух типов люминофоров, объединенных атомами кремния, для использования в фотонике, оптоэлектронике, биологии и медицинской диагностике.

- Впервые методом твердофазного синтеза при воздействии давления и сдвиговых напряжений получены материалы на основе непредельных производных полисахаридов и сополимеры хитозана с олигомерами лактида с высокой биоадгезивностью, способностью к биорезорбции и структурированию под действием фотооблучения для использования в качестве двух- и трехмерных материалов для тканевой инженерии.

4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований

нет

7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона

нет

8. Стратегическое развитие научной организации

Бизнес-структуры:

АО ЦНИИСМ (Хотьково), ООО «Суперпласт» (Москва), ОАО «НПО Стеклопластик» (Андреевка МО), ООО «Электрохиммаш» (Москва), ЗАО «Техполимер» (г. Красноярск), ОАО "КХК" (г. Красноярск), "НТЦ ЗАО "Электроизолит" (г. Хотьково), АО "КБП" (Тула).



Форма взаимодействия – хоздоговора, соисполнительская работа, совместные статьи, патенты, заявки на проекты.

Институты, ВУЗы, приглашенные ведущие ученые

ФГУП КМ «Прометей» (С-Петербург), ФГУП «ГНИИХТЭОС», ФГБУ «ВНИИИМТ» Росздравнадзора, ФГУП ВИАМ.

Научный Центр «Курчатовский Институт», Московский технологический Университет, Ярославский Государственный Технический Университет, Волгоградский Государственный Технический Университет, Химический факультет МГУ, Иркутский институт химии им. А. Е. Фаворского СО РАН, ИК СО РАН, ИНЭОС РАН, ИХФ РАН, ИОХ РАН, ИОНХ РАН, ИНХС РАН, ИФХ РАН, ИБХ РАН, ИВС РАН.

Laboratoire de Physique des Interfaces et Couches Minces (LPICM) a Scientific and Technological Establishment, Ecole polytechnique, F 91128, Palaiseau cedex, France

Institute of Materials for Electronics and Energy Technology (I-MEET), Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg, Martensstraße 7, 91058 Erlangen, Germany

Bavarian Center for Applied Energy Research (ZAE Bayern), Haberstraße 2a, 91058 Erlangen, Germany

Иванов Дмитрий Анатольевич – приглашенный ведущий ученый (победитель программы Мегагрантов)

Форма взаимодействия – договора о сотрудничестве, хоздоговора, соисполнительская работа, совместные статьи, заявки на проекты.

Интеграция в мировое научное сообщество

9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год

Участие в совместных проектах в консорциумах, выигранных на конкурсной основе по теме: «Исследование строения тонких наноразмерных пленок различной природы на основе эффекта полного отражения рентгеновского излучения от поверхности: рентгеновская рефлектометрия, рассеяние в скользящих углах отражения с использованием синхротронных источников»:

1. Гренобль, Франция, European Synchrotrons Radiation Facility (ESPF) - Европейский исследовательский ускорительный комплекс, источник синхротронного излучения.

Название проекта: ESRF 2015 MA-2634 “In situ solvent annealing of perspective photonic materials based on thiophene oligomers and polymers” (Отжиг в растворителе In situ перспективных материалов для фотоники на основе олиго- и поли- тиофенов.

Исследователь.

2. Гамбург, Германия, Deutsche Synchrotron (DESY) – Немецкий электронный синхротрон - исследовательский центр по физике частиц.



Название проекта: DESY 2015 I-20140698 “In situ recrystallization of thiophene based oligomer films” (Исследование рекристаллизация In situ пленок на основе олиготиофенов).
Исследователь.

10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год

1. Польша, Межакадемическое сотрудничество между Российской академией наук и Польской академией наук, «Модифицирование и свойства полимерных и нанокремниевых материалов», 2011-2013 гг.

Описан процесс модифицирования материалов в низкотемпературной плазме, включая процессы полимеризации в плазме, использован теоретический подход для оценки свойств получаемых материалов.

2. Венгрия, Межакадемическое сотрудничество между Российской академией наук и Венгерской академией наук, «Термоанализ кинетики процессов, происходящих при формировании тонких пленок (полимеризации, кристаллизации), методами скоростной микрокалориметрии», 2011-2013 гг.

Разработан метод in situ калориметрии и его применения для исследования кинетики формирования конформных покрытий из поли-п-ксилилена и его функциональных производных методом полимеризации из газовой фазы на поверхности. Исследована термодинамика материалов в неравновесном состоянии методом высокоскоростной микрокалориметрии.

3. США, Соглашение о финансируемых научных исследованиях между компанией Dow Corning Corporation и ИСПМ РАН, Международный проект «Функциональные металлосилоксаны», тема «Разработка методов синтеза функциональных металлосилоксановых олигомеров»,

с 1.09.2011 г. по 1.09.2012 г., (2011 – \$30 000; 2012 – \$90 000). Дополнительное соглашение с 31.10.2012 г. по 31.10.2013 г. (\$137600). Продлен до 31.01.2015 г. (\$115000).

Разработаны новые методы синтеза полиметаллосилоксановых олигомеров, содержащих атомы железа, алюминия, цинка, циркония, гафния в качестве разветвляющего центра. Обнаружена высокая каталитическая активность полученных олигомеров в реакциях поликонденсации.

4. США, Соглашение о финансируемых научных исследованиях между компанией Dow Corning Corporation и ИСПМ РАН, «Прямой синтез метилалкоксисиланов – ключевой процесс для бесхлорного производства кремний органических соединений», с 1.09.2011



г. по 1.09.2012 г., (2011 – \$30 000; 2012 – \$90 000). Дополнительное соглашение от 30.09.2012 г. по 30.09.2013 г. (\$ 120000).

Показана эффективность использования металлосилоксановых отвердителей в качестве альтернативы или замены, силановых, оловосодержащих, ацетоксильных отвердителей, а также сиккативов на основе солей жирных кислот.

5. Франция, совместно с Политехническим университетом (Laboratoire de Physique des Interfaces et Couches Minces (LPICM) a Scientific and Technological Establishment, Ecole polytechnique, F 91128, Palaiseau cedex, France.) с 3.10.2011 по 30.10.2013 гг. проводилась работа по Госконтракту № 11.519.11.6020 от 21.10.2011 г. в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» по лоту «Работы по проведению проблемно-ориентированных поисковых исследований и созданию научно-технического задела по приоритетному направлению «Энергетика и энергосбережение» в области энергетики и энергосбережения с участием научных и исследовательских организаций стран ОЭСР» по теме «Полимерные солнечные батареи». Финансирование – совместно Минобрнауки России и собственные средства партнера из Франции.

Синтезированы новые полимерные материалы с улучшенными свойствами поглощения света, транспорта зарядов и переноса зарядов.

6. Украина, Грант РФФИ 13-03-90462 Укр_ф_а, Международный проект "Синтез октаорганосилсесквиоксанов с функциональными группами в телесной диагонали «кубика» и получение на их основе новых органо-неорганических полимерных гибридов и исследование их свойств",

РФФИ и ГФФИ Украины, 2013-2014 гг. (2013 - 380000 руб.; 2014 – 380000 руб.).

Разработан подход к синтезу октаорганосилсесквиоксанов с функциональными группами в телесной диагонали «кубика» как мономеров для получения на их основе новых линейных органо-неорганических полимерных гибридов и исследование их свойств. В ходе выполнения проекта был осуществлен синтез более 20 новых полифункциональных разветвленных тетраилоксанов - прекурсоров для селективного метода синтеза функциональных гексаорганоктасилсесквиоксанов. Выполнен значительный объем работ по оптимизации условий синтеза, который позволяет синтезировать различные полимерные полисилсесквиоксановые структуры.

7. Финляндия, Договор об исследованиях между компанией Nokia Corporation (Исследовательский центр Nokia) и ИСПМ РАН, «Технологии самоорганизующихся монослоев для печатных электронных приложений», с 1.08.2013 г. по 31.12.2014 г. (Eu 112460).

Разработаны способ получения гибкой электропроводящей полимерной пленки и метод улучшения адгезии металлических наночернил к полимерному субстрату. Получены кремнийорганические производные бензотиенобитиофена и монослойные органические полевые транзисторы на их основе. Своевременно и полно выполнено ТЗ, составленное партнером.



НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

Основные научные направления по Уставу (государственное задание):

- Развитие методологии органического, элементоорганического и неорганического синтеза, включая синтез и модификацию новых функциональных и гибридных мономеров, олигомеров и полимеров, кремнийорганических материалов с уникальными свойствами, термостойких и высокопрочных полимеров.

- Химические проблемы создания полимерных и композиционных полимерных материалов, включая конструкционные и функциональные наноматериалы и нанокompозиты.

- Разработка научных основ экологически безопасных и ресурсосберегающих химико-технологических процессов получения полимерных и композиционных полимерных материалов, включая полимерные нанотехнологии.

Перечисленные направления деятельности соответствуют разделу V Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы "Химические науки и науки о материалах".

В рамках этой Программы ИСПМ РАН проводит фундаментальные научные исследования по следующим двум направлениям:

- направление 44 - "Фундаментальные основы химии";
- направление 45 – «Научные основы создания новых материалов с заданными свойствами и функциями, в том числе высокочистых и наноматериалов».

Направление 44 - "Фундаментальные основы химии".

Раздел «Природа химической связи, реакционная способность и механизмы реакции основных классов химических соединений».

1. Разработка селективных методов синтеза новых поколений кремнийорганических и гибридных функциональных макромолекулярных наносистем и установление фундаментальных закономерностей «структура–свойство»:

- Синтезированы хроматографически чистые образцы карбосилановых дендримеров 5-8 генераций и исследованы реологические свойства их расплавов; показано, что переход между 5 и 6 генерациями сопровождается беспрецедентным скачком вязкости расплава (5-ть порядков); полученные данные являются количественной иллюстрацией образования нового типа физической сетки у дендримеров высших генераций; исследование температурных зависимостей параметров расплавов дендримеров показали также рост модуля расплава с увеличением температуры, который свидетельствует об упрочнении узлов зацеплений физической сетки.



- Впервые синтезированы полиметилсилсесквиоксановые наногелевые полимеры, обладающие структурой полициклическое метилсилсесквиоксановое ядро — триметилсилильная оболочка; регулирование соотношения ядро - оболочка изменяет энергию активации вязкого течения более чем в шесть раз и является, таким образом, эффективным инструментом управления вязкостными характеристиками новых жидких сред, перспективных для получения смазок и дисперсионных сред различного назначения.

- Методом гидролитической поликонденсации алкоксисиланов в условиях активной среды, в качестве которой использовали безводные уксусную и трифторуксусную кислоты, впервые синтезирован и охарактеризован ряд фторкремнийорганических сополимеров с разным строением и соотношением функциональных звеньев.

- Установлено, что статистические олигофторорганосилоксаны разных составов благодаря наличию фторированных углеводородных фрагментов с одной стороны и фенилсилоксановых звеньев с другой совместимы с эпоксидным связующим и являются эффективными гидрофобизаторами, что позволяет получать стабильные гидрофобные покрытия с краевым углом смачивания 107-111°.

1. A. I. Amirova, N. A. Sheremetyeva, A. P. Filippov. «Temperature Dependence of the Hydrodynamic and Conformational Properties of Hyperbranched Polycarbosilanes»/ *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*. V.18, Is. 5, 2013, P.339-345. IF=2,47, DOI:10.1080/1023666X.2013.784938.

2. Smirnova, NN; Markin, AV; Letyanina, IA; Sologubov, SS; Novozhilova, NA, Tatarinova, EA; Muzafarov, AM. «Thermodynamic properties of carbosilane dendrimers of the third and sixth generations with ethyleneoxide terminal groups»/ *Russian journal of physical chemistry* A. 2014. V. 88 Is.5 P. 735-741, IF=0,597, DOI: 10.1134/S0036024414050306.

3. M.A. Soldatov, N.A. Sheremetyeva, O.A. Serenko, A.M. Muzafarov. Synthesis of Fluorine-containing-Organosilicon Oligomer in Trifluoroacetic Acid as Active Medium. *Silicon*, April 2015, Volume 7, Issue 2, pp 211-216. ISSN:1876-990X. IF=1.069, DOI: 10.1007/s12633-014-9232-0.

4. Temnikov, M. N., Buzin, M. I., Demchenko, N. V., Cherkaev, G. V., Vasilenko, N. G., Muzafarov, A. M. Acyclic polyphenylsilsesquioxane: synthesis and properties // *Mendeleev Communications*. – 2016. – Т. 26. – №. 2. – С. 121-123, IF=1.405, DOI: 10.1016/j.mencom.2016.03.012.

5. Migulin D., Tatarinova E., Meshkov I., Cherkaev G., Vasilenko N., Buzin M. and Muzafarov A. «Synthesis of the first hyperbranched polyorganoethoxysilsesquioxanes and their chemical transformations to functional core-shell nanogel systems». // *Polym Int*. 2016, 65, 72–83. . IF=2,414, DOI: 10.1002/pi.5029.

Раздел «Методология синтеза новых органических, элементоорганических, неорганических и полимерных веществ, создание новых высокоэффективных каталитических систем».



2. Создание нового поколения высокотемпературных высокотехнологичных полимерных материалов на основе полигетероариленов, фторполимеров и других полимеров, обладающих высокими технологическими, функциональными и эксплуатационными характеристиками.

- С использованием разработанного одностадийного способа синтеза в активной среде синтезированы две серии сверхразветвленных полиимидов (СВР ПИ) с концевыми реакционными группами (A₂+B₃) на основе трис(4-аминофенокси) толуола (производного тринитротолуола) и двухшарнирных диангидридов. Работа направлена на разработку новых способов синтеза гибридных полиимидных макромолекул, в которых имеются протяженные линейные цепи и СВР – фрагменты с большим количеством концевых функциональных групп.

- С использованием метода ¹³C ЯМР высокого разрешения проведен анализ микроструктуры цепи сополиимидов (СПИ), синтезированных в разных условиях. Впервые установлено, что при синтезе СПИ одностадийной высокотемпературной поликонденсацией в каталитически активном растворителе – расплаве бензойной кислоты наблюдаются те же закономерности, что и при «идеальной» необратимой интербисополиконденсации двух однотипных сомономеров (например, диаминов), имеющих разную реакционную способность, с общим интермономером (ангидридом) и наоборот. Для теоретического обоснования вышеуказанного весьма неожиданного эффекта поведено математическое моделирование формирования микроструктуры цепи в данной системе с использованием экспериментальных кинетических данных для модельных реакций. Этот результат имеет принципиальное значение для развития методологии получения мультиблочных полиимидов в одну стадию. Мультиблочные полиимиды представляют интерес для решения разных задач, в частности, для получения материалов для эффективного мембранного газоразделения, термостойких молекулярных композитов и полиимидных материалов с термотропными свойствами.

- Выполнен уникальный эксперимент, в котором впервые удалось прямым методом измерить толщину поверхностного слоя, образующегося при воздействии на пленку политетрафторэтилена (ПТФЭ) плазмы разряда постоянного тока. В этом эксперименте методом РФЭС определяли атомное содержание фтора на поверхности (в слое глубиной 1-2 нм), постепенно стравливая поверхность ионным пучком. Оказалось, что атомное содержание фтора, которое на модифицированной поверхности составляет примерно 50% от исходного значения, достигает 90% на глубине 10 нм и 100% на глубине 40 нм. Таким образом, можно оценить толщину модифицированного слоя как 10-40 нм. Этот результат, имеет большое значение для понимания механизма воздействия плазмы тлеющего разряда на полимеры.

1. Batuashvili M. R., Tsegelskya A. Yu., Perov N.S., Semenova G.K., Abramov I.G. and Kuznetsov A. A., «Chain microstructure of soluble copolyimides containing moieties of aliphatic and aromatic diamines and aromatic dianhydrides prepared in molten benzoic acid»// High



performance polymers, V.26 # 4 pp. 470-476, DOI: 10.1177/0954008313518950, WOS:000336231500012 ISSN: 0954-0083. IF=1.286.

2. Батуашвили М.Р., Цегельская А.Ю., Перов Н.С., Семенова Г.К., Орлинсон Б.С., Кузнецов А.А., «Формирование микроструктуры цепи в процессе синтеза адамантансодержащих сополиимидов в расплаве бензойной кислоты», Batuvashvili M. R., Tsegelskya A. Yu., Perov N.S, Semenova G.K., Abramov I.G., Kuznetsov A.A.// Известия Академии наук. Сер.хим., 2015. № 4. С. 930-936. WOS:000358367500022 ISSN: 1066-DOI: 10.1007/s11172-014-0804-3. 5285. IF=0.481.

3. Батуашвили М. Р., Каминский В. А., Цегельская А. Ю., Кузнецов А. А., «Формирование микроструктуры цепи при синтезе сополиимидов высокотемпературной поликонденсацией в расплаве бензойной кислоты», //Известия Академии наук. Сер. хим., 2014, № 12, с. 2711-2719. ISSN: 1066-5285. DOI:10.1007/s11172-014-0422-0, WOS:000341630700035, IF=0,509.

4. Яблоков М.Ю., Соколов И.В., Малиновская О.С., Гильман А.Б., Кузнецов А.А. «Определение толщины модифицированного слоя пленки политетрафторэтилена, обработанной в тлеющем разряде», Химия высоких энергий, 2013, Т. 47, № 1, С. 76-77. High Energy Chemistry. 2013. V. 47. no.1. pp. 32-33. IF=0.898.

5. Яблоков М.Ю., Пискарев М.С., Гильман А.Б., Кечекьян А.С., Кузнецов А.А. «Взаимосвязь адгезионных, контактных и электретных свойств пленок политетрафторэтилена, модифицированных в разряде постоянного тока». Журнал «Химия высоких энергий» 2015 г. Т. 49. № 3. Р. 235-239. “High Energy Chemistry” 2015. V. 49. № 3. Р. 207-210. “Interrelation between Adhesive, Contact, and Electret Properties of DC Discharge Modified Polytetrafluoroethylene Films” WOS: ISSN: 0018-1439, IF=0.898.

Раздел «Влияние физических факторов на закономерности протекания химических реакций и физико-химические свойства веществ.

3. Радиационно-химические подходы к получению полимерных функциональных и наноматериалов с заданной структурой.

- Установлена возможность эффективного радиационно-стимулированного восстановления ионов меди, серебра, золота и палладия, которая приводит к формированию металлических наночастиц контролируемого размера в облученных растворах и суспензиях полиакриловой кислоты, поливинилтриазола и поливинилимидазола. Эффективность образования наночастиц и их размеры определяются характером связывания ионов металлов группами полиэлектролитов и зависят от рН среды. Обнаружены процессы самоорганизации в лабильных системах макромолекулы – металлические наночастицы. В суспензиях поливинилимидазол – полиакриловая кислота и полиаллиламин - полиакриловая кислота, содержащих – ионы меди: облучение приводит к образованию мицеллярных структур размером 100 - 200 нм, наполненных металлическими наночастицами (2-7 нм). Условия образования мицеллярных структур контролируется рН облучаемых систем



- Впервые проведено исследование влияния степени протонирования макромолекул нетоксичного поливинилтриазола (ПВТ) на формирование металло-полимерных наноструктур в облученных полимерных суспензиях. Обнаружено, что непротонированные и слабо протонированные матрицы ПВТ эффективно взаимодействуют с поверхностью наночастиц и обеспечивают контроль размеров наночастиц серебра (2-6 нм) в облученных суспензиях. Установлено, что оптимальным режимом с точки зрения контроля размеров наночастиц и эффективности процесса сборки металлополимерных наногибридов является pH 2.4. Полученные результаты имеют принципиальное значения для синтеза антибактериальных препаратов.

- Синтезированы макроциклические комплексы состава ДЦГ18К6•SrCl₂, моделирующие один из основных компонентов экстракционной системы, предназначенной для селективного извлечения радионуклида ⁹⁰Sr. Было продемонстрировано, что стереоизомерия макроцикла влияет на количественный состав радикальных продуктов, образующихся как на ранних, так и на пост-радиационных стадиях радиолиза. На стадии пост-радиационных превращений это выражается в более высоком вкладе радикалов циклогексанонильного типа в общий состав радикальных продуктов для цис-анти-цис-конформации по сравнению с цис-син-цис-конформацией. Полученные результаты важны для модифицирования состава экстракционных систем на основе краун-эфиров, применимых для утилизации отработанного ядерного топлива.

1. Dmitry V. Pergushov, Alexey A. Zezin, Alexander B. Zezin and Axel H.E. Muller. «Advanced Functional Structures Based on Interpolyelectrolyte complexes» // *Adv Polym Sci*, 2014, V.255: PP.173–226, IF (за 5 лет) 2.926, индексация WOS, DOI: 10.1007/122012182.

2. Vladimir I. Feldman, Alexey A. Zezin, Sergey S. Abramchuk, Elena A. Zezina «X-ray Induced Formation of Metal Nanoparticles from Interpolyelectrolyte Complexes with Copper and Silver Ions: the Radiation-Chemical Contrast» // *Journal of Physical Chemistry* 2013 C, V.117, PP. 7286-7293, IF (за 5 лет) 4.919, индексация WOS, DOI: 10.1021/jp3090765.

3. Zezin A.A., Feldman V.I., Abramchuk S.S., Danelyan G.V., Dyo V.V., Plamper F.A., Müller A.H., Pergushov D.V. «Efficient size control of copper nanoparticles generated in irradiated aqueous solutions of star-shaped polyelectrolyte containers» // *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2015, V.17, PP. 11490-11498, IF (за 5 лет) 4.273, индексация WOS DOI: 10.1039/c5cp00269a.

4. O.A. Zakurdaeva, S.V. Nesterov, N.A. Shmakova, N.A. Sokolova, V.I. Feldman The low temperature radiolysis of cis-syn-cis-dicyclohexano-18-crown-6 complexes with alkaline earth metal nitrates: An evidence for energy transfer to the macrocyclic ligand // *Radiation Physics and Chemistry*, 2015, V. 115, PP 183-188, IF (за 5 лет) 1.348, индексация WOS DOI: doi.org/10.1016/j.radphyschem.2015.07.004.

5. Zakurdaeva Olga A., Nesterov Sergey V., Feldman Vladimir I. Stereoisomeric effect in low temperature radiolysis of dicyclohexano-18-crown-6 complexes with BaCl₂ // *Radiation*



Направление 45 – «Научные основы создания новых материалов с заданными свойствами и функциями, в том числе высокочистых и наноматериалов».

1. Создание нового поколения экологически безопасных высокотехнологичных полимерных и композиционных материалов, обладающих высокими механическими и специальными функциональными свойствами на основе гибко- и жесткоцепных полимеров различной природы

- Впервые показано, что ориентационная вытяжка в условиях однородного сдвига композитов, полученных методом холодного прессования реакторного порошка сверхвысокомолекулярного полиэтилена со специальной морфологией, "опудренного" наноразмерными электропроводящими углеродными частицами различного типа с образованием сегрегированной проводящей структуры, является универсальным способом повышения прочностных характеристик композитов, при сохранении их электропроводящих характеристик на высоком уровне. Полученные результаты являются важными для создания новых типов нанокomпозиционных материалов с изменяемыми в широких пределах электрофизическими и механическими характеристиками.

- Разработан новый способ формирования тонкопленочных покрытий на металлической поверхности. Сформированы композитные полимерные покрытия на основе сополимера тетрафторэтилена с винилиденфторидом марки Ф 42, содержащие углеродные нанотрубки. Получены композиты полипропилена со смешанным наполнителем - нанотрубки и графеновые нанопластины (ГНП), исследованы их диэлектрические свойства. В композитах с ГНП наблюдаются только два типа зависимости проводимости от частоты - логарифмически линейная (диэлектрический режим, отсутствие сквозной проводимости) и плато (сквозная проводимость, перколяция). В композитах со смешанным наполнителем наблюдается промежуточный классический тип зависимости - и диэлектрический режим, и режим проводимости. Предварительный анализ позволяет утверждать, что в композитах с ГНП реализуется полная инкапсуляция частиц наполнителя в процессе полимеризации *in situ* и лишь при высоких концентрациях частицы пронизывают слой полимера и достигается порог протекания. Нанотрубки же покрываются полимером не полностью и обеспечивают электрическую связь между инкапсулированными частицами ГНП.

- Исследовано влияние условий формования и термомеханической обработки высокопрочных пленочных нитей из СВМПЭ на их способность к фибриллизации. Полученные результаты имеют важное значение для разработки научно-технических основ процессов производства крученых жгутиков и канатов для дорожных барьерных ограждений и легких высокопрочных канатов.

1. Lebedev O.V., Ozerin A.N., Keчек'yan A.S., Golubev E.K., Shevchenko V.G., Kurkin T.S., Beshenko M.A., Sergeev V.G. «Strengthened electrically conductive composite materials based on ultra-high-molecular-weight polyethylene reactor powder and nanosized carbon fillers»,



2015, *Nanotechnologies in Russia*, 10 (1-2), pp. 42-52, IF=1,017, DOI: 10.1134/S1995078015010115.

2. Vitaliy G. Shevchenko, Polina M. Nedorezova, Alexander N. Ozerin. Chapter 34. «Polymer composites with graphene – dielectric and microwave properties», In: *Graphene Science Handbook. Electrical and Optical Properties*. Ed. M. Aliofkhaezrai, N. Ali, W. I. Milne, C. S. Ozkan, S. Mitura, and J. L. Gervasoni. CRC Press 2016. pp. 553-571. Print ISBN: 978-1-4665-9131-8 eBook ISBN: 978-1-4665-9132-5, 1000 экз.

3. Vitaliy G. Shevchenko, Sergey V. Polschikov, Polina M. Nedorezova, Alla N. Klyamkina, Alexander M. Aladyshev, Sergei N. Chvalun. «Graphene Nanoplatelets and Fullerene in Polypropylene Matrix as Nanosized Dielectric Probe», *Polym. Compos.* 36:1006–1011, 2015, IF=1.632, DOI 10.1002/pc.23447.

4. Ivanchev, S. S.; Ruppel, E. I.; Ozerin, A. N., «Optimization of the conditions of ethylene polymerization into reactor powders of ultra-high-molecular-weight polyethylene suitable for solid-phase formation into oriented ultra-high-strength and ultra-high-modulus film yarns». *Doklady Physical Chemistry*, 2016, 468, 89-92, IF=0,642, DOI: 10.1134/S0012501616060026.

5. Иванчев С.С., Озерин А.Н., Иванчева Н.И., Бакеев Н.Ф., Руппель Е.И., Аулов В.А., Еремеева М.Г., Кечекьян А.С., Олейник И.И., Голубев Е.К., Федоров С.П., Адонин Н.Ю., Мартьянов А.М. Майер Э.А., «Способ получения реакторных порошков сверхвысокомолекулярного полиэтилена полимеризацией этилена», Патент РФ 2 561 921, Опубликовано: 10.09.2015, Бюл. № 25.

2. Создание нового поколения органических и кремнийорганических «молекулярных антенн», обладающих высокой эффективностью поглощения и люминесценции в заданном спектральном диапазоне

- Разработана новая концепция управления люминесцентными свойствами материалов путем создания кремнийорганических наноструктурированных люминофоров (КНЛ), представляющих собой особый тип молекулярных антенн, состоящих из двух типов люминофоров, объединенных атомами кремния. КНЛ сочетают в себе лучшие свойства органических люминофоров и квантовых точек. Использование КНЛ в пластмассовых сцинтилляторах, широко применяющихся для детектирования радиации и в исследовании элементарных частиц, привело к прорыву в повышении их эффективности и быстродействия, расширению спектрального диапазона их излучения – от голубого до красного. Разработанные материалы предлагаются для использования в фотонике, оптоэлектронике, биологии и медицинской диагностике.

- Впервые получен ряд растворимых звездообразных олигомеров на основе трифениламина, обладающих рекордными для данного класса соединений фотовольтаическими свойствами. На основе полученных фундаментальных данных сформулированы основные принципы создания наиболее перспективных растворимых звездообразных молекул для органической фотовольтаики. Органические солнечные батареи на их основе демонстри-



руют одни из самых высоких эффективностей (более 5%) для молекул, перерабатываемых из растворов.

- Разработан новый дизайн и универсальный синтетический подход к получению донорно-акцепторных олигомеров для высокоэффективных органических солнечных батарей на основе электронодонорного дитиеносилольного блока, соединенного олигодиофеновыми фрагментами различной длины с электроноакцепторными алкилдициановинильными группами. Показано, что полученные олигомеры по ряду показателей превосходят свои аналоги. Варьирование как центральных, так и концевых алкильных групп является простым и эффективным способом для тонкой настройки их физических свойств и повышения КПД солнечных батарей на их основе.

1. S.A. Ponomarenko, N.M. Surin, O.V. Borshchev, Y.N. Luponosov, D.Y. Akimov, I.S. Alexandrov, A.A. Burenkov, A.G. Kovalenko, V.N. Stekhanov, E.A. Kleymyuk, O.T. Gritsenko, G.V. Cherkaev, A.S. Kechek'yan, O.A. Serenko, A.M. Muzafarov, «Nanostructured organosilicon luminophores and their application in highly efficient plastic scintillators», *Scientific Report*, 2014, 4, 6549; IF=5.228, Индексируется в Web of Science, Scopus и РИНЦ, DOI: 10.1038/srep06549.

2. J. Min, Y.N. Luponosov, A. Gerl, M.S. Polinskaya, S.M. Peregudova, P.V. Dmitryakov, A.V. Bakirov, M.A. Shcherbina, S.N. Chvalun, S. Grigorian, N. Kausch-Busies, S.A. Ponomarenko, T. Ameri, C.J. Brabec. «Alkyl Chain Engineering of Solution-Processable Star-Shaped Molecules for High-Performance Organic Solar Cells», *Adv. Energy Mater.*, 2014, 4(5), 1301234; IF=15.23, Индексируется в Web of Science, Scopus и РИНЦ, DOI: 10.1002/aenm.201301234.

3. J. Min, Y.N. Luponosov, N. Gasparini, L. Xue, F.V. Drozdov, S.M. Peregudova, P.V. Dmitryakov, K.L. Gerasimov, D.V. Anokhin, Z.-G. Zhang, T. Ameri, S.N. Chvalun, D.A. Ivanov, Y. Li, S.A. Ponomarenko, C.J. Brabec, «Integrated molecular, morphological and interfacial engineering towards highly efficient and stable solution-processed small molecule solar cells», *J. Mater. Chem. A*, 2015, 3, 22695-22707; IF=8.262, Индексируется в Web of Science, Scopus и РИНЦ, DOI: 10.1039/C5TA06706E.

4. J. Min, Y.N. Luponosov, N. Gasparini, M. Richter, A.V. Bakirov, M.A. Shcherbina, S.N. Chvalun, L. Grodd, S. Grigorian, T. Ameri, S.A. Ponomarenko, C.J. Brabec, «Effects of Alkyl Terminal Chains on Morphology, Charge Generation, Transport, and Recombination Mechanisms in Solution-Processed Small Molecule Bulk Heterojunction Solar Cells», *Adv. Energy Mater.*, 2015, 1500386; IF=15.23, Индексируется в Web of Science, Scopus и РИНЦ, DOI: 10.1002/aenm.201500386.

5. Y.N. Luponosov, J. Min, A.V. Bakirov, P.V. Dmitryakov, S.N. Chvalun, S.M. Peregudova, T. Ameri, C.J. Brabec, S.A. Ponomarenko, «Effects of bridging atom and π -bridge length on physical and photovoltaic properties of A- π -D- π -A oligomers for solution-processed organic solar cells», *Dyes and Pigments*, 2015, 122, 212-223; IF=4.055, Индексируется в Web of Science, Scopus и РИНЦ, DOI: 10.1016/j.dyepig.2015.06.026.



3. Разработка функциональных материалов с особыми физическими и химическими свойствами, в том числе оптически-активных, аморфных и аморфно-кристаллических «интеллектуальных» материалов и метаматериалов, пленочных, градиентных, наноматериалов, на основе высокочистых веществ, необходимых для обеспечения материальной базы создания техники новых поколений.

- Проведено исследование кинетики полимеризации п-ксилилена (ПК) методом ДСК с различными скоростями нагрева. Определены температурный диапазон и тепловой эффект полимеризации ПК. Используя интегральный изоконверсионный метод, предложенный Вязовкиным, сделана оценка зависимости эффективной энергии активации E_a при различных степенях конверсии мономера. Показано, что E_a не является постоянной величиной, а изменяется в интервале $\sim 30 - 50$ кДж/моль, что указывает на сложный многостадийный механизм полимеризации п-ксилилена. Проведено исследование влияния степени наполнения на морфологию поверхности и кристаллическую структуру тонкопленочных нанокомозитов поли-п-ксилилен - Ag с содержанием серебра до 12 об. % и установлена взаимосвязь структуры с электрическими и оптическими свойствами нанокомозитов. Обнаружено, что увеличение концентрации серебра от 2 до 12 об. % приводит к увеличению размера наночастиц от 2 до 5 нм. Также показано существенное влияние степени наполнителя на кристаллическую структуру полимерной матрицы - с изменением степени наполнения меняется соотношение альфа и бета кристаллических фаз поли-п-ксилилена.

- Проведено исследование композита на основе сополимера полиэтилен-октена, наполненного детонационными наноалмазами (DNDs). На основании результатов этого исследования можно утверждать, что влияние DNDs на механические свойства сополимеров этилена и октена может иметь два механизма. Первый связан с эффектом зародышеобразования, который особенно выражен при добавлении модификатора 0,05-0,25 мас.%, в случае матрицы низкой кристалличности (ЕОС 0,861). Такая эффективность определяется структурными изменениями в матрице в присутствии наномодификатора. Второй проявляется при более высоком содержании DNDs и связан с общим влиянием наночастиц как наполнителя.

1. Streltsov D.R., Mailyan K.A., Gusev A.V., Ryzhikov I.A., Kiryukhin Y.I., Orekhov A.S., Vasiliev A.L., Erina N.A., Pebalk A.V., Odarchenko Y.I., Chvalun S.N., Ivanov D.A. «Structure and optical properties of thin poly(p-xylylene) – Silver nanocomposite films prepared by low-temperature vapor deposition polymerization» // Polymer. 2015. V. 71, Is. 11, P. 60-69, IF (за 2014/2015 г.) = 3.562, DOI: 10.1016/j.polymer.2015.06.040.

2. Streltsov D.R., Mailyan K.A., Gusev A.V., Ryzhikov I.A., Erina N.A., Su C., Pebalk A.V., Ozerin S.A., Chvalun S.N., «Electrical properties, structure, and surface morphology of poly(p-xylylene)–silver nanocomposites synthesized by low-temperature vapor deposition polymerization» // Applied Physics A, 2013, V. 110, I. 2, P. 413-422, IF= 1.444, DOI 10.1007/s00339-012-7220-z.



3. Streltsov D.R., Buzin A.I., Dmitryakov P.V., Bessonova N.P., Kamasa P., Ivanov D.A., Chvalun S.N., «A study of p-xylylene polymerization kinetics by isoconversional analysis»// *Thermochimica Acta*, 2013, V. 573, P. 175-180, IF= 1.938, DOI 10.1016/j.tca.2013.09.008.

4. Shevchenko V.G., Polschikov S.V., Nedorezova P.M., Klyamkina A.N., Aladyshev A.M., Chvalun S.N. «Graphene nanoplatelets and fullerene in polypropylene matrix as nanosized dielectric probe» // *Polymer Composites*, 2015, V. 36, №6, P. 1006–1011, IF (за 2014/2015 г.) = 1.632, DOI: 10.1002/pc.23447.

5. Bessonova N.P., Krasheninnikov S.V., Korobko A.P., Tomilina E.A., Meschankina M.Yu., Chvalun S.N. «Structures and properties of low-crystallinity polyolefins modified with nanodiamonds» // *Polymer Science Series A*, 2015, V. 57, Is. 6. P. 819–828, IF (за 2014/2015 г.) = 0.919, DOI: 10.1134/S0965545X15060036.

13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год

Монографии

1. Акопова, Т.А. Применение твердофазного метода синтеза для получения материалов на основе хитозана с улучшенной растворимостью в водной и органической средах / Т.А. Акопова, в кн. «Хитозан», под ред. К.Г. Скрыбина, С.Н. Михайлова, В.П. Варламова // М.: Центр «Биоинженерия» РАН, 2013, 593 с., ISBN 978-5-4253-0596-1, 250 экз.

2. Анатолий Изгородин, Анатолий Пономаренко, Виталий Шевченко. Электрические, магнитные свойства полимерных композиционных материалов. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013, 192 с., 12 п.л., ISBN 978-3-659-38379-3, 500 экз.

3. Евтушенко Ю.М. Диоксид титана: синтез, свойства, применение. Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013, 80 с., ISBN 978-3-659-38379-3, 500 экз.

4. Карпова S.G., Iordanskii A.L., Popov A.A., Shilkina N.G. Lomakin S.M., Shcherbina M.A., Chvalun S.N., Berlin A.A. "Effect of External Influences on the Structural and Dynamic Parameters of Polyhydroxybutyrate-Hydroxyvalerate-Based Biocomposites". Chapter 19 in a book: "Quantitative Chemistry, Biochemistry and Biology. Steps Ahead". Nova Science Publishers: New York. 2013. с. 393. ISBN: 978-1-62948-332-0, тираж 500

5. Vitaliy G.Shevchenko, Polina M. Nedorezova, Alexander N.Ozerin. Chapter 3. Polymer composites with graphene – dielectric and microwave properties. Handbook of Graphene Science, Vol. 3 - Electrical and Optical Properties, Taylor and Francis, 2014. ISBN: 978-0-323-26434-1. 1000 экз.



6. Губарева Е.А., Маккиарини П., Сотниченко А.С., Куевда Е.В., Григорьев Т.Е., Чвалун С.Н. «Оценка качества децеллюляризованных матриц для создания тканеинженерных интраторакальных органов», с.58-73, (3 изд. листа), глава, 500, Изд-во МГУ, 2014, 218 с., (Стволовые клетки и регенеративная медицина, под ред. В.А. Ткачука) ISBN 978-5-19-010950-4, тираж 500

7. Зеленецкий А.Н., Успенский С.А., Иванов П.Л. «A novel supramolecular hyaluronan/polyborate systems for tumour treatment by boron neutron capture therapies// Biochemistry and Biotechnology: Research and Development», страниц 306, глава 13, с.135-143, 500, Nova Science Publishers. ISBN: 978-1-63117-273-1, (News in Chemistry, Biochemistry and Biotechnology: State of the Art and Prospects of Development, Nova Science Publishers edited by Gennady E. Zaikov, Grzegorz Nyszko, Larisa P. Krylova and Sergei D. Varfolomeev, 2014, 1000 экз.

8. Multifunctional Polymer Composites for Intelligent Structures. Anatoliy T.Ponomarenko, Vitaliy G.Shevchenko. In: Multi-Functionality of Polymer Composites, K. Friedrich, U. Breuer (eds.), Ch. 22, pp. 690-708. Elsevier, 2015.

ISBN: 978-0-323-26434-1, 1000 экз.

9. Селянин М.А., Михайлова Н.П., Зеленецкий А.Н., Аكوпова Т.А., Успенский С.А. Полисахариды в медицине будущего, ISBN 978-5-89317-235-5, М.: ИД «Магистр-Пресс», 2015 г., 254 с., 100 экз.

10. Yuri Evtushenko. "Fire retardant polyolefines". LAP LAMBERT Academic Publishing (December 19, 2016). 128 p. ISBN-10: 3330025026 ISBN-13: 978-3330025028, 500 экз.

Публикации:

1. J. Min, Y. N. Luponosov, N. Gasparini, M. Richter, A. V. Bakirov, M. A. Shcherbina, S. N. Chvalun, L. Grodd, S. Grigorian, T. Ameri, S. A. Ponomarenko, C. J. Brabec. Effects of Alkyl Terminal Chains on Morphology, Charge Generation, Transport, and Recombination Mechanisms in Solution-Processed Small Molecule Bulk Heterojunction Solar Cells. *Advanced Energy Materials* 2015, 5 (17) 1500386, DOI: 10.1002/aenm.201500386, IF = 16.146.

2. Buzin A.I., Brezesinski G., Tur D.R., Papkov V.S., Bakirov A.V., Chvalun S.N. Structural characterization of self-organized mono- and multilayers of poly [bis (2, 2, 3, 3-tetrafluoropropoxy) phosphazene] at the air/water interface // *Macromolecules*. 2015. V. 48, Is. 10. P.3327–3336. WOS:000355382100019 Scopus: 2-s2.0-84930224936 IF(за 2014/2015 г.)- 5.800.

3. Zezin, Alexey A., Feldman, Vladimir I., Abramchuk, Sergei S., Danelyan, Gurgun V., Dyo, Victor V., Plamper, Felix A., Mueller, Axel H. E., Pergushov, Dmitry V.. Efficient size control of copper nanoparticles generated in irradiated aqueous solutions of star-shaped polyelectrolyte containers // *PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS* V. 17 2015. №17. PP. 11490-11498; WOS:000353338800042; ISSN:1463-9076; DOI:10.1039/c5cp00269a; IF=4.493.

4. E.V. Agina, A.S. Sizov, M.Y. Yablokov, O.V. Borshchev, A.A. Bessonov, M.N. Kirikova, M.J.A. Bailey, S.A. Ponomarenko, *Polymer Surface Engineering for Efficient Printing of Highly Conductive Metal Nanoparticle Inks*, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2015, 7 (22),



11755–11764; Индексируется в Web of Science, Scopus и РИНЦ, DOI:10.1021/am508905t, IF- 7.145.

5. Volkov A.V., Tsarkov S.E., Gilman A.B., Khotimsky V.S., Roldughin V.I., Volkov V.V. “Surface modification of PTMSP membranes by plasma treatment: Asymmetry of transport in organic solvent nanofiltration”. *Advances in Colloid and Interface Science* 2015. V. 222. P. 716-727. DOI: 10.1016/j.cis.2014.11.005 WOS:000360416800051 ISSN: 0001-8686 IF= 7.776

6. Vladimir I. Feldman, Alexey A. Zezin, Sergey S. Abramchuk, Elena A. Zezina. X-ray Induced Formation of Metal Nanoparticles from Interpolyelectrolyte Complexes with Copper and Silver Ions: the Radiation-Chemical Contrast // *Journal of Physical Chemistry* 2013 C, V.117, PP. 7286-7293, IF (за 5 лет) 4.919, индексация WOS, DOI: 10.1021/jp3090765

7. Kalinina A.A.; Elmanovich I.V.; Temnikov M.N.; Pigaleva M.A.; Zhiltsov A.S.; Gallyamov M.O.; Muzafarov A.M. Hydrolytic polycondensation of diethoxydimethylsilane in carbonic acid// *RSC ADVANCES* – 2015. - V. 5. - Is. 8. - P. 5664-5666. IF (2014)= 3.840. DOI: 10.1039/c4ra13619e. eid=2-s2.0-84921934647. SJR (2014) =1.026. IPP (2014) =3.581. SNIP (2014) =0.950.

8. Sologubov, S., Markin, A. V., Smirnova, N. N., Novozhilova, N. A., Tatarinova, E. A. E., & Muzafarov, A. M. (2015). Thermodynamic Properties of Carbosilane Dendrimers of the Sixth Generation with Ethyleneoxide Terminal Groups// *J. Phys. Chem. B*, 2015, 119 (45), pp 14527–14535 DOI: 10.1021/acs.jpcc.5b06786. IF (2014)=3.302. eid=2-s2.0-84946887255. SJR =1.285. IPP (2014) =3.263. SNIP (2014) = 1.113.

9. Demina T.S., Drozdova M.G., Yablokov M.Yu., Gaidar A.I., Gilman A.B., Zaytseva-Zotova D.S., Markvicheva E.A., Akopova T.A., Zelenetskii A.N. “DC discharge plasma modification of chitosan films: an effect of chitosan chemical structure”. *Plasma Processes and Polymers*. 2015. V. 12. № 8. P. 710-718. DOI: 10.1002/ppap.201400138 WOS:000359672400002 ISSN: 1612-8850 IF-2.453

10. Boeva Z.A., Milakin K.A., Pesonen M., Ozerin A.N., Sergeyev V.G., Lindfors T. "Dispersible composites of exfoliated graphite and polyaniline with improved electrochemical behaviour for solid-state chemical sensor applications". *RSC ADVANCES*. 2014. V. 4. Iss. 86. P. 46340-46350. DOI: 10.1039/c4ra08362h WOS:000342761600094 ISSN: 2046-2069 IF-3.289

15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие

РНФ – 2 гранта.

1. РНФ 14-13-01380, Грант «Новые звездообразные донорно-акцепторные олигомеры для органической фотовольтаики», 2014-2016 гг., 15 млн. руб., рук. Пономаренко С.А.

Разработана универсальная схема синтеза узкозонных звездообразных донорно-акцепторных олигомеров, позволяющая варьировать как природу донорного разветвляющего центра, так и природу акцепторных групп, а также длину пи-сопряженного спейсера



между ними и концевых солубилизирующих заместителей. По ней впервые получен ряд звездообразных олигомеров на основе трифениламинового, трис(2-метоксифенил)аминового и 9-фенил-9Н-карбазольного разветвляющего донорного центра с алкил-, циклоалкил- или фенил-дициановинильными, а также 3 алкилроданиновыми акцепторными группами, соединенными с донорным разветвляющим центром через моно-, би-, тер- или кватротофеновые π -сопряженные спейсеры. По разработанной схеме впервые получен ряд донорно-акцепторных олигомеров, отличающихся друг от друга положением тиофеновых ветвей у карбазольного разветвляющего центра, а также звездообразные олигомеры с 3-этилроданиновыми электроноакцепторными группами.

Сравнение оптических, электрохимических, термических, структурных, полупроводниковых и фотовольтаических свойств полученных олигомеров в зависимости от варьируемых параметров их химической структуры позволило выявить основные элементы взаимосвязи структура – свойства в данном ряду. Найдено, что все полученные звездообразные олигомеры являются стабильными материалами вплоть до температуры 350 – 380 °С, как на воздухе так и в инертной атмосфере. При этом наиболее термостабильными являются олигомеры с фенилдициановинильными акцепторными группами. Исследование структурных свойств и фазового поведения синтезированных олигомеров позволило выявить особенности их самоорганизации в мезоморфные структуры. Показано, что оптимальная длина сопряжения тиофенового спейсера между донорным и акцепторным блоком для синтезированных олигомеров соответствует длине в 2 и 3 тиофеновых кольца.

Выявлено, что основным параметром, оказывающим влияние на различные свойства полученных олигомеров, является тип заместителя при дициановинильном фрагменте. Замена активного протона при дициановинильной группе на алкильный заместитель приводит к целому ряду положительных изменений в свойствах полученных олигомеров: повышается электрохимическая стабильность и увеличивается растворимость в органических растворителях; введение алкильного заместителя приводит к повышению подвижности электронов на 2 порядка, а также увеличению КПД солнечных фотоэлементов на основе олигомера в смеси с PC71BM в 1,5 раза; все олигомеры с алкильными заместителями демонстрируют способность к кристаллизации, в отличие от олигомера без таких заместителей. Показано, что изменение длины алкильных заместителей может быть использовано в качестве эффективного инструмента настройки ряда важных свойств полученных звездообразных олигомеров. Дополнительным параметром, позволяющим также тонко настроить некоторые свойства (спектр поглощения, ширину запрещенной зоны, подвижность дырок, фазовое поведение и др.) подобных олигомеров является число сопряженных тиофеновых звеньев, соединяющих донорный центр и акцепторные периферийные фрагменты в каждой ветви звездообразной молекулы.

Введение новых электроноакцепторных 3-этилроданиновых групп в химическую структуру звездообразных олигомеров показало перспективность данного подхода, т.к. полученные соединения ничем не уступают, а по ряду показателей (растворимость, воз-



можность тонкой настройки свойств изменением длины алкила) превосходят их аналоги с дициановинильными группами. Исследование комплекса свойств полученных соединений показало, что звездообразные олигомеры с алкильными заместителями при дициановинильных группах не только превосходят их аналоги без алкильных заместителей по целому ряду их свойств, но и в смеси с РС71ВМ демонстрируют существенно большую эффективность в органических солнечных батареях, достигающую 4.3%.

Показано, что использование новых фенилдициановинильных групп приводит к существенному возрастанию термостабильности (более чем на 70 0С), существенно повышает растворимость в органических растворителях и при этом способствует возрастанию способности соединений к кристаллизации. Фотовольтаическая эффективность устройств на основе олигомеров с фенилдициановинильными группами при этом сравнима, или даже выше чем для аналогов с алкилдициановинильными группами.

2. РФФ 14-13-01402, Грант «Новые эластомеры с регулируемыми физико-механическими свойствами и структурой», 2014-2016 гг., 15 млн. руб., рук. Чвалун С.Н.

Проведена апробация модели физических узлов сетки зацеплений на примере ряда соединений с регулируемой кристалличностью: разветвленного полиэтилена, сополимеров этилена с альфа-олефинами различного состава, а также полипропилена, содержащего различное количество изомерных дефектов. Для этого отработаны методы получения образцов полипропилена с различной морфологией (изотропные и ориентированные) и термической предысторией.

Оценены энтропийные и энергетические составляющие деформации образцов полиолефинов с низкой степенью кристалличности. Исследованы структурные и фазовые изменения в кристаллической и аморфной фазах, вызванные механическим напряжением. Определена роль кристаллитов в формировании механического поведения систем.

Проведенный анализ механического поведения полиолефиновых композитов с наноалмазами показал, что аппроксимация экспериментальных данных в рамках используемых моделей позволяет связать максимумы в области малого содержания ДНА на концентрационных зависимостях механических параметров композитов с соответствующими изменениями числа сегментов между узлами связей и модуля упругости (в модели Ховарда), а также с зависимостями плотностей лабильных и стабильных узлов (в модели slip-links). Полученные результаты позволили доказать, что в исследованных системах ДНА оказывает двойное действие на полимерную матрицу: как зародышеобразующий агент, способствующий образованию дополнительных узлов, и как усиливающий наполнитель. При этом зародышеобразующий эффект проявляется при малых концентрациях (0.05–0.5 мас.%) модификатора и его влияние определяется существованием критического размера фрактальных агрегатов ДНА. Действие в качестве усиливающего наполнителя лучше проявляется при более высоких концентрациях (2-10 мас.%) наноалмазов. Соотношение эффектов зависит как от степени кристалличности матрицы, так и от концентрации модификатора. Понижение степени кристалличности матрицы (при переходе от ЭОС-0.885 к



ЭОС-0.861) приводит к существенному (в 2 раза) уменьшению количества узлов обоих типов в самой матрице, тогда как при этом эффективность влияния ДНА повышается.

РФФИ – 39 грантов.

3. РФФИ, «Создание безхлорных методов синтеза сверхразветвленных органосилесквиоксановых полимеров – основы нового типа для смазок, гидравлических и функциональных жидкостей», 13-03-12239 оф, 2013-2015 гг., 6400,0 тыс. руб., рук. Василенко Н.Г.

Разработаны бесхлорные методы получения новых ациклических органосилесквиоксановых полимеров на основе промышленно доступных органотриалкоксисиланов в режиме “one pot” через промежуточный синтез мономера типа АВ2- натрийоксиорганодилкоксисилана, с его последующей нейтрализацией и поликонденсацией. Анализ структуры полимера подтвердил ациклическое сверхразветвленное строение с коэффициентом ветвления 0,5, типичным для таких структур. Синтезированы полимеры с различными терминальными группами и изучены их свойства. На примере синтезированных ациклических полифенилэтоксисилесквиоксанов получен ряд наногелей различной молекулярной массы и с разным соотношением ядра и оболочки и показано, что тип концевой группы определяет температуру стеклования полифенилсилесквиоксана и существенно влияет на их термическую и термоокислительную стабильность. Проведены испытания ациклического сверхразветвленного полиметилсилесквиоксана с концевыми триметилсилильными группами в качестве гидравлических жидкостей, пеногасителей и компонент смазочных композиций.

4. РФФИ, «Новые наноструктурированные люминофоры и полимерные композиты на их основе для детектирования космических лучей», 13-03-12451 оф, 2013-2015 гг., 5800,0 тыс. руб., рук. Пономаренко С.А.

Синтезированы кремнийорганические наноструктурированные люминофоры (КНЛ) с оптимальными спектрально-люминесцентными свойствами, стабильностью и растворимостью для целей проекта. Теоретическое изучение спектрально-люминесцентных свойств и процессов переноса энергии электронного возбуждения в КНЛ и модельных соединениях показало хорошее совпадение с экспериментально найденными значениями. Отработаны методы нанесения спектросмещающих полимерных композитов на основе КНЛ на детекторы черенковского излучения в полевых условиях для эксперимента TAIGA/TUNKA. Изучены возможности применения разработанных КНЛ в жидких сцинтилляторах для нейтринного эксперимента JUNO 2, а также в пластиковых сцинтилляторах и спектросмещающих пленках для эксперимента TAIGA/TUNKA и Telescope Array.

5. РФФИ, «Формирование трехмерных структур из новых гибридных полимерных материалов методом лазерной стереолитографии», 14-29-07234 оф, 2014-2016 гг., 8600,0 тыс. руб., рук. Акопова Т.А.

Твердофазным методом синтеза получены аллилзамещенные производные хитозана с различным содержанием ненасыщенных групп от 5 до 50 мольных %. Методами ИК и ЯМР спектроскопии установлена структура полученных производных. Изучено влияние



условий твердофазного синтеза на их строение и физико-химические свойства продуктов. Разработаны составы фоточувствительных композиций на основе аллилзамещенных производных хитозана. Установлены эффективные параметры лазерного источника для формирования трехмерных структур методом лазерной микростереолитографии и определены оптимальные параметры сшивки в зависимости от строения синтезированных производных. Проведены исследования цитотоксичности образцов и выявлено, что разработанные материалы поддерживают адгезию, распластывание и рост субстратзависимых клеток и по результатам *in vitro* тестирования могут быть признаны биосовместимыми.

6. РФФИ, «Молекулярный дизайн, синтез и свойства новых донорно-акцепторных олиго- и полисопряженных систем для органической электроники», 15-33-20957 мол_a_вед, 2015-2016 гг., 3500,0 тыс. руб., рук. Лупоносов Ю.Н.

Разработан молекулярный дизайн линейных донорно-акцепторных олигомеров с уникальным набором оптических, электрохимических и термических свойств для органической электроники. Разработана универсальная синтетическая схема, позволяющая получать сопряженные гетероариленовые олигомеры с электронодонорными карбазольными или дитиеносилольными блоками и электроноакцепторными дициановинильными заместителями без активного атома водорода. В ходе выполнения первого года синтезирован и детально исследованы представительные ряды донорно-акцепторных олигомеров на основе карбазола и дитиеносилола. Комплексное изучение, соотнесение и сравнение свойств полученных олигомеров друг с другом, позволило выявить основные элементы взаимосвязи структура – свойства для синтезированных систем.

7. РФФИ, «Полислоевые гибридные полимерные материалы для защитных оболочек посевного материала на основе сверхразветвленных кремнийорганических, молекулярных силиказолой и функционализированных добавок-сейфнеров», 15-29-05891 офи_м, 2015-2017 гг., 5700,0 тыс. руб., рук. Шрагин Д.И.

Твердофазным методом синтеза получены аллилзамещенные производные хитозана с различным содержанием ненасыщенных групп от 5 до 50 мольных %. Методами ИК и ЯМР спектроскопии установлена структура полученных производных. Изучено влияние условий твердофазного синтеза на их строение и физико-химические свойства продуктов. Разработаны составы фоточувствительных композиций на основе аллилзамещенных производных хитозана. Установлены эффективные параметры лазерного источника для формирования трехмерных структур методом лазерной микростереолитографии и определены оптимальные параметры сшивки в зависимости от строения синтезированных производных. Проведены исследования цитотоксичности образцов и выявлено, что разработанные материалы поддерживают адгезию, распластывание и рост субстратзависимых клеток и по результатам *in vitro* тестирования могут быть признаны биосовместимыми.

8. РФФИ, «Сополиимиды с пяти-членными имидными циклами с контролируемой микроструктурой цепи: получение, закономерности формирования фазовой морфологии и свойства», 13-03-00915, 2013-2015 гг., 1540,0 тыс. руб., рук. Кузнецов А.А.



Установлено, что возможность направленного влияния на тип распределения звеньев в цепи сополиимидов с 5-членными имидными циклами (СПИ-5) в процессе их синтеза непосредственно из мономеров методом высокотемпературной поликонденсации (ВПК) в расплаве бензойной кислоты, имеет характер общей закономерности. Этот факт надежно подтвержден данными ^{13}C ЯМР высокого разрешения для нескольких специально синтезированных серий мультиблочных и статистических СПИ-5, полученных из сочетаний сомономеров обоих типов: «2диамина+ 1 диангидрид», «1 диамин+2 диангидрида». Подобная возможность контроля микроструктуры СПИ-5 в процессе ВПК установлена нами впервые и относится только к разработанному авторами каталитическому варианту процесса ВПК, который проводится в сравнительно мягких условиях; за счет этого подавляются побочные реакции. Найденная закономерность имеет принципиальное значение как для понимания механизма синтеза СПИ-5, так и использования на практике. СПИ-5 представляют интерес для решения практически важных задач в области мембранного разделения.

Разработана и апробирована математическая модель процесса формирования микроструктуры цепи сополиимидов при синтезе полиимидов с 5-членными имидными циклами методом высокотемпературной каталитической поликонденсации в расплаве бензойной кислоты. Модель позволяет для любого сочетания сомономеров и для разного типа загрузки интермономера, имея данные по их реакционной способности в модельной реакции ацилирования фталевым ангидридом, предсказать среднюю длину блока в конечном сополимере.

9. РФФИ, «Ориентационно-упроченные высоконаполненные проводящие полимерные композиты», 14-03-01120, 2014-2016 гг., 1470,0 тыс. руб., рук. Озерин А.Н.

С целью исследования влияния структурных превращений в матричном полимере - сверхвысокомолекулярном полиэтилене (СВМПЭ), в области фазовых переходов типа стеклования и плавления на электропроводящие свойства и пространственное строение перколяционного кластера проводящих частиц в полимерном композите СВМПЭ-графит, был приготовлен и исследован сравнительный ряд модельных образцов композитов с сегрегированной структурой наполнителя на основе нанодисперсного графита (НГ) и углеродных нанонаполнителей другого типа (техуглерод, многостенные углеродные трубки).

Выполненные измерения температурной зависимости проводимости композитов позволили выделить вклады движения различных полимерных субъединиц (гамма-, бета-, альфа-релаксация и плавление) на проводящую структуру композита.

Теоретический анализ полученных данных позволил сделать заключение, что основным фактором, влияющим на температурную зависимость проводимости композита, является конкуренция двух процессов изменения проводимости от температуры для двух подуровней электропроводящей системы: частиц наполнителя в составе проводящего кластера и проводящего кластера, как целого, что в сочетании дает достаточно сложную зависимость проводимости композита от температуры.



С целью исследования влияния межфазного (полимер-наполнитель) на ориентационное упрочнение и электропроводящие свойства полимерных композитов на основе СВМПЭ, наполненного НГ, был подготовлен и исследован сравнительный модельный ряд ориентированных композитов СВМПЭ-НГ с различной степенью ориентации (кратность вытяжки) для наполнителя с различной структурой поверхности (исходный НГ и модифицированный НГ, прошедший обработку по схеме окисление-восстановление).

Показано, что окисление поверхности частиц высокодисперсного графита с последующим восстановлением является эффективным приемом не только повышения начальной проводимости композита, вероятно за счет дополнительного диспергирования частиц наполнителя и «залечивания» исходных дефектов, но и снижения эффекта потери проводимости в ходе ориентационной вытяжки композита, которая для модифицированного нанонаполнителя не сопровождается резкой потерей проводимости, как это имеет место в случае немодифицированного наполнителя.

Полученные результаты являются важными для определения практических приемов получения и прогнозирования свойств новых типов наноконпозиционных материалов.

10. РФФИ, «Термотропные электроактивные самоорганизующиеся бикомпонентные системы на основе жестких секторообразных дендронов и виологена различной архитектуры», 15-03-05919, 2015-2017 гг., 970,0 тыс. руб., рук. Щербина М.А.

Методами рентгеноструктурного анализа в больших и малых углах, поляризационной оптической микроскопии, дифференциальной сканирующей калориметрии проведен анализ структуры, свойств и фазового поведения 3,4,5-(додецилокси) бензолсульфонатов щелочных металлов. Построены фазовые диаграммы – зависимости фазового состояния системы от температуры и радиуса иона. Показано, что в большинстве соединений наиболее стабильной является гексагональная колончатая фаза. Ее диаметр практически не зависит от размера иона: строение заместителей и положение их присоединения оказывают существенно большее влияние, чем размер фокусной группы. В то же время, размер иона оказывает значительное влияние на стабильность и область существования колончатой мезофазы. Исследована структура цилиндров колончатой мезофазы. В области существования упорядоченной колончатой фазы такие супрамолекулярные агрегаты характеризуются наличием сравнительно большого (5–7 Å) центрального отверстия, наличие которого обусловлено специфической организацией ионов цезия. В области существования неупорядоченной колончатой фазы увеличение подвижности мезогенных групп приводит к закрытию отверстия из-за большей разупорядоченности в расположении мезогенных групп. Анализ структуры цилиндров колончатой фазы в исследованных соединениях позволяет по-новому взглянуть на возможности использования самоорганизованных супрамолекулярных структур для создания ионных каналов.

Исследованы структура, свойства и фазовое поведение коммерчески доступных галогенидов N,N'-диметил-4,4-дипиридина (виологена). Показано, что во всей области существования частично упорядоченных состояний производных бензолсульфоновой кислоты,



образцы виологена характеризуются кристаллической структурой, тип которой не изменяется при нагревании вплоть до температуры изотропизации. Отработана процедура смешения соединений на основе бензолсульфоновой кислоты и коммерчески доступных галогенидов N,N'-диметил-4,4-дипиридина. В дальнейшем разработанная техника будет использована для получения смесей производных бензолсульфоновой кислоты и галогенидов виологена стехиометрического и нестехиометрического состава. Проведено молекулярное моделирование галогенидов N,N'-диметил-4,4-дипиридина и его звездообразных дискотических производных. Полученные результаты будут использованы на следующих стадиях реализации проекта для моделирования супрамолекулярных агрегатов, формирующихся в смесях производных симметричной бензолсульфоновой кислоты и виологена различной архитектуры.

16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований

17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год

1. Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы», Министерство образования и науки РФ, «Полимерные солнечные батареи», 21.10.2011 г. – 01.06.2013 г., 9900,0 тыс. руб., рук. Пономаренко С.А.

Изучены возможности повышения эффективности полимерных солнечных батарей с объемным гетеропереходом путем направленного дизайна и синтеза новых полимерных материалов с улучшенными свойствами поглощения света, транспорта зарядов и переноса зарядов в рамках международной кооперации с одной из ведущих научно-исследовательских организаций Франции – Лабораторией Физики поверхности и тонких пленок (ЛПИСМ) Политехнической школы в Париже.

Показана перспективность использования сополимеров с узкой запрещенной зоной на основе алкильных и фтор-производных циклопентадитиофена и его силольного аналога, а также кремнийорганических дендритных сместителей спектра на основе бензотиадиазола,



для создания нового типа двуслойных полимерных солнечных батарей с повышенной эффективностью. Разработана эскизная конструкторская документация на испытательный стенд с солнечным имитатором, а также на полимерные солнечные батареи; подготовлен лабораторный регламент синтеза фотоактивных полимерных материалов, а также технологическая инструкция по изготовлению полимерных солнечных батарей. Показано, что использование дендритного сместителя спектра позволяет увеличить КПД солнечной батареи на 50 – 300% по сравнению с опорными образцами без добавления сместителей спектра.

Проведена технико-экономическая оценка рыночного потенциала полученных результатов. Сделаны рекомендации по дальнейшему внедрению результатов НИР в хозяйственный оборот. Предложен проект технического задания на выполнение опытно-конструкторских работ по теме: «Разработка технологии получения фотоактивных нанокompозитных материалов на основе кремнийорганических дендритных сместителей спектра для использования в полимерных солнечных батареях нового поколения», основной целью которой является разработка первой в России универсальной модульной технологии по производству фотоактивных нанокompозитных материалов на основе кремнийорганических дендритных сместителей спектра для использования их в составе активного слоя в полимерных солнечных батареях нового типа.

2. Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» Министерство образования и науки РФ, 14.10.2013 г. – 14.12.2013 г., «Разработка новых активных функциональных катализаторов полимеризации и поликонденсации для синтеза полилактида и его сополимеров медицинского и технического назначения», 2500,0 тыс. руб., рук. Чвалун С.Н.

Разработаны новые катализаторы поликонденсации оксикислот, Разработанные катализаторы позволяют получать гомо- и сополимеры на основе молочной кислоты с молекулярной массой до 30 000 Да при низких температурах конденсации (120 – 150 °С).

Разработаны методы синтеза новых функциональных металлоорганических катализаторов, имеющих в своей структуре гуанидиновые или фосфазеновые лиганды. Показано, что полученные с помощью этих методов катализаторы обладают флуоресценцией. Полученные катализаторы позволяют получать (со)полилактиды с молекулярной массой до 130 000 Да и конверсией 95 % за время, не превышающее 2 часа. При этом, как и используемые катализаторы, (со)полилактиды также обладают флуоресценцией.

3. Федеральная целевая программа «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», Министерство образования и науки РФ, 14.11.2012 г. – 30.11.2013 г., «Разработка методов получения тонкопленочных гибридных нанокompозиционных функциональных покрытий на основе поли-п-ксилилена и серебра с заданной структурой и свойствами», 2177,0 тыс. руб., рук. Чвалун С.Н.



Методом рентгеновского рассеяния при скользящем угле падения с использованием источника синхротронного излучения исследовано влияние отжига на кристаллическую структуру тонкопленочных нанокompозитов поли-п-ксилилен – серебро, синтезированных методом низкотемпературной газофазной полимеризации на поверхности. Показано, что структура полученных пленок существенно зависит от их толщины, что связано с различными условиями полимеризации и кристаллизации из-за разного теплового сопротивления пленок нанокompозитов различных толщин.

4. Федеральная целевая программа «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», Министерство образования и науки РФ, 2012-2013 гг., «Синтез кремнийорганических серусодержащих дендримеров и сверхразветвленных карбосиланов для создания нанокластерных каталитических систем», 2913,0 тыс. руб., рук. Музафаров А.М.

5. Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы», Государственный контракт № 14.513.11.0031, Гол. Исполнитель – ИНХС РАН, Договор № 01/13 от 27.05.2013 по 30.09.2013, «Исследование влияния структуры исходных ПАН-прекурсоров на физико-механические свойства карбонизованных углеродных волокон», 800,0 тыс. руб., рук. Озерин А.Н.

6. Федеральная целевая программа «Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года».

Тема «Анализ приоритетных направлений применения перспективных технологий для создания полимерных композиционных материалов нового поколения с повышенными значениями физико-механических характеристик, с функциями защиты и диагностики состояния для высоконагруженных авиационных конструкций». Гол. Исполнитель – ИОНХ РАН. Гражданско-правовой договор № 13/13 от 01.08.2013 по 15.10.2013 г. Тема: «Поисковые исследования по разработке новых функциональных композиционных материалов, в том числе самозалечивающихся покрытий», 1200 тыс. руб., рук. Музафаров А.М.

7. На базе ИСПМ РАН выполнялся также поддержанный «Сколково» минигрант, полученный созданным при ИСПМ РАН по ФЗ-2017 ООО «ЛюмИнноТех». Тема – «Новые кремнийорганические наноструктурированные люминофоры для детекторов ионизирующего излучения третьего поколения», 15.11.2012-15.05.2013, 4,2 млн руб.

8. На базе ИСПМ РАН выполнялся также поддержанный «Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» грант, полученный созданным при ИСПМ РАН по ФЗ-2017 ООО «ЛюмИнноТех». Тема – «Разработка методов синтеза растворимых функциональных производных терфенила, фенилоксазола и кремнийорганических наноструктурированных люминофоров на их основе», 15.11.2012-15.05.2013 (I этап) и 10.11.2015-09.11.2016 (II этап).

5 млн руб., из них 3 млн руб. – средства фонда и 2 млн руб. – средства соинвесторов.



Внедренческий потенциал научной организации

18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований

В институте имеется участок опытного производства для разрабатываемых пилотных технологий тонкого органического и элементоорганического химического синтеза в составе: 100 л стеклянного химического реактора с полной обвязкой, термостата соответствующей мощности на нагревание до +200 оС и охлаждение до -50 оС, трех 20 л роторных испарителей, а также установки для регенерации смесей растворителей.

Имеется участок опытного производства для разрабатываемой технологии твердофазного формования высокопрочных материалов из реакторных порошков сверхвысокомолекулярного полиэтилена.

Имеется испытательный участок для отработки рецептур негорючих и огнезащитных композиционных полимерных материалов.

Имеется опытная установка для 2D печати прототипов устройств и схем для органической электроники и фотоники.

Имеется опытная установка для плазмохимической обработки и модификации композиционных полимерных материалов.

Имеется полупромышленный двухшнековый экструдер с L/D=40 для отработки твердофазных химических процессов и наработки опытных партий материалов.

19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год

Кремнийорганические наноструктурированные люминофоры (КНЛ).

Разработка внедрена на МИП ООО «ЛюмИнноТех», созданном при ИСПМ РАН по ФЗ-217. Область применения – высокоэффективные сместители спектра для детекторов элементарных частиц и ионизирующего излучения. В настоящее время КНЛ производятся на пилотной реакторной установке и поставляются в основном в страны дальнего зарубежья (Швейцарию, Японию, Францию).

ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ

Экспертная деятельность научных организаций

20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами

нет



Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций

21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год

1. "Технология изготовления полимерного композита на основе эпоксидной смолы и ткани из волокон сверхвысокомолекулярного полиэтилена"

Разработана технология изготовления полимерного композита на основе эпоксидной смолы и ткани из волокон сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), использующая промежуточную обработку ткани воздействием тлеющего разряда. Обработка существенно увеличивает устойчивость материала к межслоевому сдвигу в воде вследствие лучшей адгезии связующего к волокну. Материал предназначается для изготовления новых объектов техники из композиционных материалов, длительно устойчивых к воздействию влаги. Совместно с НПЦ «Композит» ОАО Стеклопластик получен патент России № 2604621 (2016) «Высокопрочный водостойкий органокомпозит и способ его изготовления».

2. "Научно-исследовательские работы в рамках реализации Заказчиком инновационного проекта по созданию высокотехнологичной продукции по теме № 9 «Разработка технологии производства барьерного ограждения для автомобильных дорог, специальных тросов для использования в судостроении и разработке шельфовых месторождений с применением тросов из сверхвысокомолекулярного полиэтилена, полученных методом твердофазной холодной деформационной прокатки, углеродного волокна и полипропилена"

Успешно завершено (Договор № ЗД/001/1-01/15 с ЗАО "Техполимер" от 15.01.2015 г. до 30.12.2016 г., 6600 тыс. руб., рук. Озерин А.Н.) выполнение четырех частных технических заданий научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы комплексного инновационного проекта "Разработка технологии производства барьерного ограждения для автомобильных дорог, специальных тросов для использования в судостроении и разработке шельфовых месторождений с применением тросов из сверхвысокомолекулярного полиэтилена, полученных методом твердофазной холодной деформационной прокатки, углеродного волокна и полипропилена" (Шифр "Сухая нить", тема № 9), заключённого Заказчиком (ЗАО "Техполимер", г. Красноярск) с Министерством промышленности и торговли Российской Федерации).

По итогам работы составлено техническое задание на проектирование опытно-промышленной линии по производству высокопрочной ориентированной ленты из сверхвысокомолекулярного полиэтилена, на основе которого линия была спроектирована, построена и запущена в производство на ЗАО "Техполимер". Поданы три заявки на Патент РФ (совместно с ЗАО "Техполимер").



3. ООО «БиоИнтегратор», «Разработка научных основ создания полимерных наночастиц, перспективных для нагрузки низкосиалированным эритропоэтином», Договор № 05-27/БИ-ИСПМ/2 от 27.05.2013 г по 15.07.2013 г., 2645 тыс. руб., рук. Чвалун С.Н.

4. ООО «БиоИнтегратор», «Разработка технологического процесса получения полимерных наночастиц, нагруженных низкосиалированным эритропоэтином», Договор № БИ-ИСПМ/2 от 19.08.2013 г., 880 тыс. руб., рук. Чвалун С.Н.

Проведен синтез и исследование образцов сополимера D,L-лактида и гликолида с относительным составом 75/25. Исследование влияния различных параметров на размер и стабильность суспензии наночастиц показало, что размер зависит преимущественно от типа используемого стабилизатора и его концентрации в водной фазе. Определены оптимальные параметры получения полимерных наночастиц плацебо: концентрация полимера в органической фазе: 0,5 – 1 %, тип стабилизатора – ПВС, концентрация стабилизатора в водной фазе – 0,5 – 1 %. Отработаны условия нагрузки наночастиц плацебо низкосиалированным эритропоэтином. Показано, что высокий процент сорбции (более 30%) достигается при использовании ацетатного буфера с рН равным изоэлектрической точки эритропоэтина. Измерены различные параметры наночастиц, нагруженных низкосиалированным эритропоэтином. Показано, что средний диаметр и индекс полидисперсности при этом практически не возрастает, однако ζ -потенциал частиц уменьшается из-за снижения рН среды.

5. АО «ГНИИХТЭОС», «Синтез этилсилоксанов различного строения», Договор № 03/15 от 11 августа до 30 октября 2015 г., 500 тыс. руб., рук. Калинина А.А.

Проведено исследование возможностей применения метода поликонденсации этилалкоксисиланов в активной среде для получения полиэтилсилоксановых олигомеров с заданными параметрами. Проведена оценка влияния солей магния на продолжительность процесса и состав продуктов и продемонстрированы технологические перспективы проведения поликонденсации этилэтоксисиланов в активной среде в присутствии солей магния в качестве эффективного способа получения полиэтилсилоксановых жидкостей с заданными эксплуатационными параметрами на примере полиэтилсилоксановой жидкости с вязкостью в диапазоне 210-315 сСт.

6. ФГУП «ФЦДТ «Союз», «Исследование возможности использования кремнийорганических полимеров в качестве термозащитных покрытий», Договор № 02/15 от 09.06.2015 до 15.10.2015 г., 500 тыс. руб., рук. Шрагин Д.И.

Осуществлен синтез аминофункциональных полифенилсилоксановых смол с регулярным распределением аминогрупп. Разработан метод получения аминофункциональной полифенилсилоксановой смолы, предусматривающий введение в количестве от 0,1 до 1% от массы смолы металлосилоксановых добавок, регулирующих процессы коксообразования готового кремнийэпоксидного покрытия. Определена температурная зависимость вязкости аминофункциональной полифенилсилоксановой смолы. Изучена совместимость полифе-



нилсилоксановой смолы с базовыми эпоксидными смолами ЭД-20, УП-655, ЭТАЛ-148 при содержании силоксановой смолы 1 до 20%.

7. ООО «ЛюмИнноТех», «Изучение свойств новых кремнийорганических наноструктурированных люминофоров», Договор № 01/13 от 01.02.2013 до 30.04.2013 г., 495 тыс. руб., рук. Агина Е.В.

Разработана новая концепция управления люминесцентными свойствами материалов путем создания кремнийорганических наноструктурированных люминофоров (КНЛ), представляющих собой особый тип молекулярных антенн, состоящих из двух типов люминофоров, объединенных атомами кремния. КНЛ сочетают в себе лучшие свойства органических люминофоров и квантовых точек. Использование КНЛ в пластмассовых сцинтилляторах, широко применяющихся для детектирования радиации и в исследовании элементарных частиц, привело к прорыву в повышении их эффективности и быстродействия, расширению спектрального диапазона их излучения – от голубого до красного. Можно ожидать широкого использования разработанной концепции КНЛ в фотонике, оптоэлектронике, биологии и медицинской диагностике.

8. ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», «Разработка полимерных материалов с улучшенными трибологическими характеристиками», Договор № МН 01/12/ 805-2012 от 12.03.2012 г. до 15.11.2013 г., 500 тыс. руб., рук. Кузнецов А.А.

9. ОАО «ЭМАльянс», «Исследование термостойкости и термомеханических свойств высокотемпературных защитных покрытий при температуре до 980 оС», Договор № Т-КЛ-123/12 от 26 сентября до 30 марта 2013 г., 200 тыс. руб.

**Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении
организации в соответствующем научном направлении
(представляются по желанию организации в свободной форме)**

**22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации
в соответствующем научном направлении, а также информация, которую ор-
ганизация хочет сообщить о себе дополнительно**

ИСПМ РАН является признанным лидирующим научно-исследовательским центром в области синтеза специальных полимеров и разработки полимерных материалов.

Институт является организатором регулярных одной Всероссийской и двух международных конференций:

1. "Актуальные проблемы полимерного материаловедения. Ениколоповские чтения" (проведено 25 ежегодных конференций).

2. Всероссийская школа-конференция с международным участием для молодых ученых «Макромолекулярные нанообъекты и полимерные нанокомпозиты» (проведено 6 конференций).



3. Международная осенняя школа(конференция) по органической электронике/International Fall School (Conference) on Organic Electronics ISFOE (ICOE) (в 2017 г. проводится 5-ая конференция).

Признаком лидирующего положения организации в соответствующем научном направлении является большой удельный вес молодых научных сотрудников в составе научных сотрудников института (43% по состоянию на конец 2016 г.) и выраженное желание молодых студентов и аспирантов проходить обучение и получать научную квалификацию на базе ИСПМ РАН

- В Институте действует научно-образовательный центр «Переработка полимеров и материалов на их основе» (ИСПМ РАН-НИФХИ им. Л.Я. Карпова-МИТХТ (4 кафедры);

- Договор о сотрудничестве в области подготовки кадров и научных исследований между ИСПМ РАН и Московским государственным университетом дизайна и технологии, от 1 октября 2013 года;

- Договор о сотрудничестве между ИСПМ и МПГУ в области подготовки специалистов в рамках образовательных профессиональных программ многоуровневой структуры; подготовки специалистов высшей квалификации в проведении фундаментальных и прикладных научных исследований по тематике, представляющей взаимный интерес от 1 февраля 2014 года;

- ИСПМ РАН является базовым институтом для студентов и аспирантов кафедры химической физики МФТИ.

Ежегодно в ИСПМ РАН проходят практику, выполняют бакалаврские и магистерские работы более 40 человек в год, из них студенты МИТХТ, РХТУ, МГПУ, МГУ, ВХК РАН, МФТИ, МАИ, РГУ и др.

В ИСПМ РАН ежегодно обучаются в очной аспирантуре 18-20 человек по специальности «Высокомолекулярные соединения», работает 1 диссертационный совет Д.002.085.01 по защите кандидатских и докторских диссертаций.

Помимо созданного в 2012 г. малого инновационного предприятия «ЛЮМИНОТЕХ», в период 2013-2015 гг. в ИСПМ РАН были созданы еще два малых инновационных предприятия:

В марте 2015 г при ИСПМ РАН создано второе МИП по ФЗ-217, ООО «Технологии печатной электроники», которое занимается коммерциализацией технологии монослойных органических транзисторов, разработанных в ИСПМ РАН, и высокочувствительных газовых сенсоров на их основе, а также разработкой и продажей связанного с этой технологией оборудования и программного обеспечения. Основные потребители – российские организации. В настоящее время ООО «Технологии печатной электроники» выполняет грант первой стадии от фонда Сколково.

В декабре 2015 г. при ИСПМ РАН создано третье МИП по ФЗ-217, ООО «Органик Солартек», которое занимается коммерциализацией функциональных материалов для органических фотоэлементов, разработанных в ИСПМ РАН. В настоящее время ООО



«Органик Солартек» успешно выполнила грант по программе «Старт» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и осуществляет продажи пилотных образцов разработанных функциональных материалов.

Кроме «Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы» ИСПМ РАН проводит фундаментальные научные исследования по следующим трем Программам Президиума РАН:

- Программа «Разработка методов получения химических веществ и создание новых материалов» (1.35П), направление «Полифункциональные вещества и материалы для молекулярной электроники»;

- Программа «Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологий» (I.1 П), подпрограмма «Наноматериалы», направление «Создание принципиально новых типов конструкционных и функциональных наноматериалов, в том числе защитных наноструктурированных покрытий»;

- Программа «Защита от коррозии, радиационных загрязнений и повреждений» (I 8П), направление «Защита от радиационных повреждений»;

и по следующим четырем Программам ОХНМ РАН:

- Программа ОХ-IV.5.1 «Природа химической связи и механизмы важнейших реакций и процессов»;

- Программа ОХ-IV.5.2 «Металлические и композиционные материалы»;

- Программа ОХ-IV.5.3 «Создание и изучение макромолекул и макромолекулярных структур новых поколений»;

- Программа ОХ-IV.5.5 «Супрамолекулярные системы и материалы на их основе».

В ИСПМ РАН до 2015 года осуществлялась государственная поддержка ведущей научной школы Российской Федерации академика Н.Ф. Бакеева (НШ-1683.2014.3) для проведения научных исследований по теме «Разработка научных принципов структурно-физической модификации полимеров с целью создания нового поколения полимерных материалов»;

В ИСПМ РАН до 2015 года осуществлялась государственная поддержка ведущей научной школы Российской Федерации академика А.М. Музафарова (НШ-1899.2014.3) по теме «Дендримеры и другие макромолекулярные нанообъекты. Разработка методов синтеза и исследование свойств».

Кроме того, в ИСПМ РАН ежегодно выполняются 5 грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых.

Участие в выставках 2013-2015:

1. «Башкирский инновационный форум», г. Уфа, 10 октября 2013 г.

2. «IV Обнинский инновационный форум», 21 октября 2013 г.

3. Форум «Открытые Инновации-2013», Москва, 31 октября по 2 ноября 2013 г.

4 II Международный форум «Энергоэффективность и энергосбережение», г. Москва, 21-23 ноября 2013 г.



5. Сити-Экспо-2015. Москва, ВДНХ, 13-15 октября 2015 г., «Теплозащитные составы с пониженной горючестью».

Премии и награды:

- Пономаренко С.А. стал лауреатом Премии РАН им. С.В.Лебедева за выдающиеся работы в области химии и технологии синтетического каучука и других синтетических полимеров, 2010 г.

- член-корреспондент РАН Музафаров А.М. избран действительным членом РАН, доктор химических наук Пономаренко С.А. избран членом-корреспондентом РАН, 2011 г.

- Чвалун С.Н. и Щербина М.А. стали лауреатами премии РАН им. Е.С. Федорова за цикл работ «Структурообразование и фазовые превращения низкоразмерных самоорганизующихся систем различной симметрии», 2012 г.

- Стрельцову Д.Р. присуждена Премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники для молодых ученых за разработку методики комплексного анализа структуры и свойств нанобъектов и ультратонких пленок функциональных материалов современной химии, 2014 г.

- Озерин А.Н. и Чвалун С.Н. награждены медалью ГК Росатом в честь 70-летия отрасли, за вклад в развитие направления "Композиционные материалы для атомной отрасли", 2015 г.

- Лупоносов Ю.Н. Победитель II Всероссийского конкурса «Лучший молодой учёный 2014 года», номинация «Молодой кандидат наук», направление «Естественные науки», проводимый Общероссийской общественной организацией «Российский союз молодых учёных» Награда вручена в 2015 г.

- Солодухин А.Н. Победитель конкурса 2015-2017 года на получение стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам, направление «Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива», проводимого Советом по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации.

- Скоротецкий М.С. Получил именную стипендию Правительства Российской Федерации для обучающихся по направлениям подготовки, соответствующих приоритетным направлениям модернизации и технологического развития экономики Российской Федерации, 2015 г.

- Шрагин Д.И. стал лауреатом Премии РАН им. С.В.Лебедева за цикл работ «Новые подходы к синтезу монодисперсных функциональных полимерных микросфер и их биомедицинское применение», 2016 г.

- Лупоносов Ю.Н. стал лауреатом Премии Правительства Москвы молодым ученым за 2016 год за цикл работ «Разработка нового класса донорно-акцепторных молекул для



органической электроники – сопряженных олигомеров с алкилдициановинильными заместителями».

Коллектив научных сотрудников способен выполнить и выполняет исследования на мировом уровне, сотрудники Института интенсивно публикуются, предпочтение отдается публикациям в самых высокорейтинговых отечественных и зарубежных журналах, цитируемых в международных базах данных. В 2013-2015 годах сотрудниками Института опубликованы статьи в журналах с импакт-фактором более 10 (включая статьи в Adv. Energy Mater. 2014, IF = 14.385, Adv. Funct. Mater. 2014, IF-10,439; Environ. Sci. Technol., 2014, IF =5,481; Advanced Energy Materials 2015, IF = 16.146; Advanced Functional Materials, 2016, IF-11,383.

Коллектив научных сотрудников обладает собственным потенциалом развития, проводит конструктивную кадровую политику, привлекая и мотивируя молодых сотрудников к научной работе.

ФИО руководителя _____

Озерин А.Н.



Подпись _____

Дата _____

23.05.2017г.

