

## ОСНОВНЫЕ ИТОГИ НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧРЕЖДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК САМАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН В 2010 ГОДУ

В состав учреждения Российской академии наук Самарского научного центра РАН (СамНЦ РАН) входят три научные организации. В Самаре расположены Институт систем обработки изображений РАН (ИСОИ РАН), Институт проблем управления сложными системами РАН (ИПУСС РАН), в Тольятти – Институт экологии Волжского бассейна РАН (ИЭВБ РАН). В 2010 году СамНЦ РАН курировал деятельность трех филиалов учреждений РАН: Самарского филиала Физического института РАН (СФ ФИАН), Волжского филиала Института металлургии и материаловедения РАН (ВФ ИМЕТ РАН), Поволжского филиала Института российской истории РАН (ПФ ИРИ РАН), а также - работу Поволжского отделения Секции прикладных проблем РАН, Самарской секции Научного совета по проблемам управления движением и навигации РАН; Самарского регионального отделения Научного совета по проблемам методологии искусственного интеллекта РАН. Три организации находятся под научно-методическим руководством СамНЦ РАН: Институт акустики машин (ИАМ), Научно-исследовательский институт технологий и проблем качества (НИИ ТПК), Самарский научно-инженерный центр автоматизированных прочностных испытаний и диагностики машин (СНИЦ АПИДМ).

При Президиуме СамНЦ РАН действуют научные подразделения: отдел динамики и управления движением, отдел истории и археологии Поволжья, отдел филологии и междисциплинарных исследований, отдел инженерной экологии и экологического мониторинга. Общую деятельность организаций СамНЦ РАН обеспечивают отдел телекоммуникаций и обработки информации, отдел по защите государственной тайны, научная библиотека с Интернет-центром. СамНЦ РАН осуществляет издательскую деятельность, выпуская научный журнал «Известия Самарского научного центра РАН». На базе СамНЦ РАН работает экспертная комиссия по присуждению Губернских премий и грантов в области науки и техники.

В организациях СамНЦ РАН работают 524 человека (385 – в штате), из них 268 научных сотрудников (195 – в штате РАН). Научные исследования ведут академик РАН, 6 членов-корреспондентов РАН, 80 докторов и 127 кандидатов наук. В 2010 году сотрудниками организаций

СамНЦ РАН защищены 3 докторские и 9 кандидатских диссертаций.

В 2010 году проведено Общее собрание СамНЦ РАН и три заседания Президиума СамНЦ РАН. На Общем собрании и заседаниях Президиума СамНЦ РАН:

- решены организационные вопросы деятельности Президиума СамНЦ РАН и академических организаций, обсуждены итоги научной и научно-организационной деятельности Президиума и организаций СамНЦ РАН в 2010 году;
- рассмотрены вопросы планирования научно-исследовательских работ на 2011 год;
- рассмотрены кадровые изменения в Институте проблем управления сложными системами РАН и заслушан доклад его директора;
- принято решение о преобразовании Волжского филиала Института металлургии и материаловедения РАН в Институт металлофизики и авиационных материалов СамНЦ РАН (на правах отдела);
- приняты решения о создании двух научно-образовательных центров: инженерной экологии, экологического мониторинга и снижения воздействия технических систем, техногенных образований и отходов на биосферу (совместно с Тольяттинским государственным университетом и ИЭВБ РАН), металлофизики и механики процессов деформирования (совместно с Самарским государственным аэрокосмическим университетом);
- приняты рекомендации о представлении ученых СамНЦ к областным наградам;
- рассмотрены вопросы о предоставлении жилья молодым ученым;
- рассмотрены организационные вопросы, связанные с редакционно-издательской деятельностью СамНЦ РАН.

По научным направлениям деятельности организаций СамНЦ РАН их сотрудниками в 2010 году было опубликовано 14 монографий и 620 статей (включая тезисы докладов и охраняемые документы на объекты интеллектуальной собственности, а также 6 монографий было опубликовано сотрудниками отделов СамНЦ РАН.

### Монографии, опубликованные в 2010 году:

1. Дифракционная нанофотоника [под ред. В.А. Соифера]. М.: Физматлит, 2010. 682с. (ИСОИ РАН);

2. Виттих В.А. Организация сложных систем. Самара: Самарский научный центр РАН, 2010. 66 с. (ИПУСС РАН);

3. Дилигенский Н.В., Гаврилова А.А., Цапенко М.В. Методы моделирования и управления производственно-экономическими объектами – Самара: Самарский государственный технический университет, 2010. 136 с. (ИПУСС РАН);

4. Плешивцева Ю.Э., Казаков А.А., Мандра А.Г. Анализ и синтез линейных систем автоматического управления. Самара: Самарский государственный технический университет, 2010. 123 с. (ИПУСС РАН);

5. Залиханов М.Ч., Коломыц Э.Г., Шарая Л.С., Цепкова Н.Л., Сурова Н.А. Высокогорная геоэкология в моделях. М.: Наука, 2010. - 480 с. (ИЭВБ РАН);

6. Таранова А.М., Саксонов С.В. Очерки о растениях Красной книги Самарской области [под ред. С.А. Сенатора и Н.В. Коневои]. Тольятти: Кассандра, 2010. 155 с. (ИЭВБ РАН);

7. Бочкарев А.И., Бочкарева Т.С., Саксонов С.В. Концепции современного естествознания: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2010. 312 с. (ИЭВБ РАН);

8. Воропаева Н.В., Соболев В.А. Геометрическая декомпозиция сингулярно возмущенных систем. М: Физматлит, 2009. 256 с. (СамНЦ РАН);

9. Соболев В.А., Щепаккина Е.А. Редукция моделей и критические явления в макрокинетике. М: Физматлит, 2010. 320 с. (СамНЦ РАН);

10. Васильев А.В. Моделирование и снижение низкочастотного шума и вибрации энергетических установок и присоединенных механических систем. Самара: СамНЦ РАН, 2010. 18 п.л. (СамНЦ РАН)

11. Голубков С.А. Семантика и метафизика города: «городской текст» в русской литературе XX века. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2010. 167 с. (СамНЦ РАН);

12. Перепелкин М.А. Слово в мире Андрея Тарковского. Поэтика иносказания: Монография. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2010. 480 с. (СамНЦ РАН);

13. Шевченко Е.С. Эстетика балагана в русской драматургии 1900-х – 1930-х годов: Монография. Самара: СамНЦ РАН, 2010. 484 с. (СамНЦ РАН);

14. Абрамочкин Е.Г., Волостников В.Г. Современная оптика гауссовых пучков. М.: Физматлит. 2010. 184с. (СФ ФИАН);

15. Сквозников А.Н. Македония в конце XIX – начале XX века – яблоко раздора на Балканах. Самара: Самарская гуманитарная академия, 2010. 172 с. (ПФ ИРИ РАН);

16. Репинецкий С.А. Формирование идеологии российского либерализма в ходе обсуждения

крестьянского вопроса публицистикой 1856-1860 годов. Самара, 2010. 351 с. (ПФ ИРИ РАН);

17. Ипполитов Г.М., Ефремов В.Я., Пилипенко С.А. Моральный дух Красной Армии и его укрепление (1918-1923 гг.). Исторический опыт, уроки. Самара, 2010. 386 с. (ПФ ИРИ РАН);

18. Попов А.И. Первое Полоцкое сражение. Боевые действия на Западной Двине в июле-августе 1812 г. М.: Книга, 2010. 120 с. (ПФ ИРИ РАН);

19. Шкунов В.Н. Государственно-правовое регулирование внешней торговли России в XVII – XIX вв.: дореволюционные отечественные и зарубежные источники и исследования. Саранск: СКИ РУК, 2010. 185 с. (ПФ ИРИ РАН);

20. Барвинок А.В., Кияткина Е.П., Клочков Ю.С. Стратегия развития корпорации на основе механизмов управления устойчивостью и самоорганизацией в сфере жилищного строительства. Самара: Изд-во ООО «Книга», 2010. 330 с. (НИИ ТПК).

В 2010 году научные подразделения при Президиуме СамНЦ РАН провели организационную работу по подготовке и проведению 2 конференций, организациями СамНЦ РАН проведены 6 конференций, три из которых – международные.

В 2010 году отделом телекоммуникаций и обработки информации продолжены работы по развитию Самарской телекоммуникационную компьютерной сети науки и образования. В 2010 году обеспечивалась прямая связность сети с Федеральной университетской сетью RUNNet и сетью Интернет. Суммарная емкость внешних каналов составила 130Мбит/с. Закуплено телекоммуникационное оборудование, позволяющие модернизировать сеть путем перевода пяти узлов сети на технологию 10 Gigabit Ethernet. Отделом совместно с ФГУ «Информика» и другими организациями поддерживается нанотехнологическая сеть, обеспечивающая сетевую связность участников ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008 – 2010 годы».

В 2010 году отделом динамики и управления движением выполнялись научно-исследовательские работы по следующим направлениям:

- исследование особенностей динамики пространственного движения КА с упругими подвижными конструктивными элементами, стабилизируемого силовым гироскопическим комплексом с редукторными и моментными приводами по осям подвеса гиродинов;

- разработка аналитических методов гиросилового наведения и управления ориентацией КА при наведении телескопов и антенн на заданные районы Земли, а также пространственного наведения КА при краевых условиях общего вида с высокими требованиями к плавности сопряжения углового движения КА при поворотном ма-

невре и при целевом применении;

- развитие методов синтеза робастных дискретных алгоритмов определения текущей ориентации КА на основе БИНС с астрономической коррекцией, идентификации основных параметров, многократной фильтрации и формирования цифрового гиросилового управления с физическим запаздыванием;

- развитие методов модального синтеза, анализа устойчивости и качества линейных многомерных непрерывно-дискретных систем управления с многократной дискретной фильтрацией доступных измерений при произвольным временном запаздывании, дискретной идентификацией состояния по определяющим координатам и цифровым формированием управления с временным запаздыванием.

Сотрудниками отдела опубликована 21 научная статья и 2 монографии.

Важнейшими результатами исследований, проведенных отделом инженерной экологии и экологического мониторинга в 2010 году, являются:

- новые методологические основы проведения измерений и прогнозирования физических загрязнений окружающей среды с учетом отечественного и зарубежного опыта;

- методологические основы классификации факторов образования и методов комплексного снижения низкочастотного шума и вибрации энергетических установок и присоединенных механических систем;

- теоретические основы многофункциональной компенсации вибрации и механического шума энергетических установок и присоединенных механических систем с учетом воздействия факторов внешней и рабочей среды;

- математическое моделирование вибрации и механического шума для различных типов энергетических установок и присоединенных механических систем;

- конструкция лабораторной установки по исследованию вибрации и механического шума энергетических установок и присоединенных механических систем с учетом возможности исследования активной компенсации вибрации и механического шума;

- новые методики и технические решения мирового уровня по исследованию и снижению низкочастотного шума и вибрации энергетических установок и присоединенных механических систем;

- экспериментальные зависимости виброакустических характеристик энергетических установок различных типов и присоединенных механических систем в лабораторных условиях и в реальных условиях эксплуатации.

Сотрудниками отдела опубликована 60 научных статей и монографии.

В 2010 году при Президиуме СамНЦ РАН действовал редакционно-издательский отдел, которым изданы шесть номеров научного журнала «Известия Самарского научного центра РАН» (19 выпусков) и четыре выпуска естественнонаучного бюллетеня «Самарская Лука».

В 2010 году СамНЦ РАН продолжил работу по популяризации научных знаний. Сотрудниками ПФ ИРИ РАН на базе СамНЦ РАН проведены: лекция по образу Петра I в искусстве и круглый стол с участием представителей квакерских организаций США, посвященный вопросам оказания помощи голодающим Поволжья в 20-е годы прошлого века.

В 2010 году председатель СамНЦ РАН академик Шорин В.П. награжден Орденом Дружбы, также он стал лауреатом Премии Правительства РФ в области образования за 2010 год.

## ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### ИСОИ РАН

На основе численного моделирования дифракции показано, что двумерная диэлектрическая структура, состоящая из дифракционной решетки и однородного слоя (материал структуры намагничен меридионально), обладает резонансным магнитооптическим (МО) эффектом, состоящим в резонансном изменении фазы 0-го прошедшего порядка дифракции при изменении величины намагниченности материала структуры. Изменение фазы может достигать  $\pi$  радиан, что более чем в 300 раз превышает соответствующую величину для однородного намагнитенного слоя такой же толщины. При этом амплитуда дифракционного порядка остается постоянной. Прикладная значимость обнаруженного МО эффекта состоит в возможности высокочастотной модуляции фазы световой волны.

В непараксиальном приближении получены явные аналитические выражения для трех проекций вектора напряженности электрического поля гипергеометрического лазерного пучка (ГГ-пучка). Для ГГ-пучков с топологическим зарядом 0 и 1 получены явные формулы осевой интенсивности, из которых следует, что положение перетяжки зависит от параметров ГГ-пучка и смещено от начальной плоскости. Такое смещение максимальной осевой интенсивности названо самофокусировкой ГГ-пучка, и найдены формулы для расчета величины этого смещения (фокусное расстояние). Это свойство ГГ-пучков можно использовать для оптической манипуляции микрообъектами.

Для двумерной металлической дифракционной решетки, расположенной на намагнитенной

подложке (экваториальная намагниченность), численно исследован резонансный магнитооптический эффект, состоящий в изменении интенсивности 0-го отражённого порядка дифракции при перемагничивании материала подложки. Величина магнитооптического эффекта на порядок превышает величину соответствующего эффекта для однородного намагниченного слоя. На основе расчёта дисперсионных кривых собственных мод структуры по методу матрицы рассеяния показано, что магнитооптические резонансы обусловлены возбуждением собственных мод структуры. Данный эффект может быть использован для быстрой модуляции интенсивности света.

Получено явное аналитическое выражение для комплексной амплитуды света, описывающей дифракцию Френеля гауссового пучка на спиральном логарифмическом аксиконе, а также формула для осевой интенсивности света при дифракции гауссового пучка на логарифмическом аксиконе (ЛА). Моделирование FDTD-методом показало, что с помощью ЛА можно преодолеть дифракционный предел: вблизи ЛА диаметр светового пучка по полуспаду интенсивности может составлять пятую часть длины волны. Это свойство логарифмического аксикона можно использовать в микроскопии и оптической микролитографии, а также для увеличения плотности оптической записи информации.

Разработан, реализован и исследован способ формирования трехмерных металлодиэлектрических фотонных кристаллов на основе записи трехмерной полимерной решетки методом интерференционной литографии с последующим нанесением на полимерную решетку нанослоя золота методом магнетронного напыления. Запись полимерной решетки осуществлялась излучением гелий-кадмиевого лазера на длине волны 442 нм в фоторезисте SU-8. Исследованы спектры отражения полученных фотонных кристаллов в инфракрасном диапазоне. На основе данных спектроскопии сделан вывод о наличии у полученных трехмерных металлодиэлектрических фотонных кристаллов фотонной запрещенной зоны.

Совместно со специалистами Ганноверского лазерного Центра (Германия) методом двухфотонной полимеризации реализован и исследован полноапертурный бинарный дифракционный оптический элемент (ДОЭ) с диаметром апертуры 2 мм, формирующий соосный отрезок. На основе анализа результатов экспериментального исследования изготовленного элемента показана целесообразность применения метода двухфотонной полимеризации для качественной реализации микрорельефа дифракционных оптических элементов, предназначенных для формирования продольных распределений интенсивности.

Разработана и экспериментально испытана новая оптическая система для преобразования поляризации модовых пучков из линейной (наиболее характерной для лазерного излучения) в аксиально-симметричную (радиальную или азимутальную, как более эффективные в различных приложениях). Предложенная оптическая система основана на применении дифракционных оптических элементов и позволяет легко переходить от одного типа поляризации к другому без существенной перенастройки оптической системы. Была получена степень поляризации излучения близкая к 100%. Применяется для острой фокусировки лазерного излучения.

Разработан, изготовлен и экспериментально испытан новый ДОЭ - высокоапертурный бинарный биаксикон, который позволяет перераспределить осевой вклад различных компонент вектора электрического поля при освещении его линейно-поляризованным излучением. В результате возникновения мощной продольной компоненты на оси пучка фокальное пятно становится симметричным и его размер уменьшается до субволновой величины. Новизна состоит во введении фазового сдвига на  $\pi$  между его половинами, разделенными линией диаметра. Такой асимметричный биаксикон был изготовлен для длины волны освещающего излучения 10,6 мкм. Экспериментальное исследование подтвердило наличие субволнового размера пятна при соответствующей ориентации плоскости поляризации падающего излучения.

Разработан теоретический подход и создана новая информационная технология обнаружения и выявления текстурных водяных знаков на цифровых изображениях - сканированных защищенных печатных документах. Математические методы анализа визуально неразличимых возмущений двумерных текстур на изображениях основаны на рекурсивном вычислении векторов признаков в скользящем окне обработки с последующей автоматической кластеризацией признакового пространства. Значимость результатов разработки состоит в повышении эффективности решения широкого класса задач стегоанализа изображений, а также в демонстрации факта, что существующие методы встраивания текстурных водяных знаков не способны обеспечить надежную защиту документов.

Разработаны информационные технологии моделирования оптико-электронного тракта космических аппаратов дистанционного зондирования Земли, а также методы и алгоритмы восстановления (оценивания) параметров модели тракта по полученным космическим снимкам. Методы основаны на структурном и пространственно-спектральном анализе изображений,

построенном на принципах теории распознавания образов (обучении и принятии решений по прецедентам). Значимость разработки состоит в повышении качества проектных решений, относящихся к оптико-электронному тракту перспективных космических аппаратов, в обеспечении возможности установления подлинности и качественных характеристик космических снимков.

Разработана, программно реализована и экспериментально исследована на тестовых и натурных изображениях новая математическая модель текстурных изображений, основанная на случайных марковских полях. Эта модель ориентирована на описание изображений микро- и наноструктур. Исследована зависимость качества синтезированных изображений от параметров марковской модели и от параметров алгоритма для различных классов текстурных изображений с использованием критерия схожести, основанного на вычислении дивергенции Кульбака-Лейблера.

Предложены оптимальные схемы репликации крупноформатных изображений и оригинальный алгоритм динамической балансировки многопроцессорных систем, которые позволяют повысить производительность и отказоустойчивость распределенной системы обработки и хранения изображений. Разработаны ориентированные на реализацию в распределенной вычислительной системе новые алгоритмы распознавания образов, цветовой коррекции, анализа результатов видеонаблюдений. Показано, что использование графических процессоров, вместо центральных, в качестве узлов распределенной вычислительной сети для задач обработки изображений и компьютерной оптики позволяет достигнуть ускорения вычислений в десятки раз.

Разработана новая информационная технология цветовой коррекции изображений, основанная на параметрической идентификации моделей, а также на модификации метода согласованной идентификации с последовательным отбором множества согласованных оценок, обеспечивающая существенное снижение вычислительной сложности алгоритма. Технология включает создание параметрического класса моделей, новые методы локализации и цветовой коррекции технологических искажений на цифровых изображениях и основанные на их использовании автоматизированные методы обработки цветных изображений.

### **ИПУСС РАН**

В области моделирования сложных объектов и систем управления:

Предложена методология и построены параметрические математические модели распреде-

лённых объектов сплошных сред в форме коммутативных диаграмм отображений, асимптотических и квазиасимптотических разложений, реализующих фундаментальный принцип дополнительности Бора. Оценена погрешность аппроксимаций параметрическими моделями точных решений и показана их удовлетворительная точность описаний распределенных полей во всей пространственно-временной области определения краевых задач.

Разработан новый, алгоритмически точный метод решения широкого круга задач оптимального управления динамическими системами с распределенными параметрами, гарантирующий заданную в равномерной метрике точность достижения желаемого конечного состояния управляемого объекта. Предлагаемый метод свободен от типичных недостатков известных методик, связанных с приближенными способами построения программных управляющих воздействий.

Для управления организационно-техническими объектами на основе интеллектуальных мультиагентных систем разработан метод компенсационных взаимодействий программных агентов. Метод основан на сквозном динамическом перераспределении виртуальной прибыли между агентами, которое осуществляется с целью построения равновесного состояния «сети потребностей и возможностей», отражающего баланс интересов всех участников взаимодействия, и производится путем пересмотра принятых ранее решений по мере появления (отзыва) новых потребностей или возникновения (исчезновения) новых возможностей в среде. Теоретически обоснована постреляционная модель данных для онтологического описания ситуаций в организационно-технических системах.

В области теории и технологии измерения параметров состояния объектов управления в экстремальных условиях:

Разработан метод измерения радиальных и осевых смещений торцов лопаток рабочего колеса турбины, имеющих серповидный контур торца пера и П-образную форму продольного сечения торцевой части, с помощью кластера из двух одновитковых вихретоковых датчиков с чувствительными элементами в виде отрезка проводника. Метод отличается топологией размещения датчиков кластера на статоре и ориентацией чувствительных элементов относительно торца лопатки, а также фиксацией экстремальных значений сигналов датчиков во время прохождения торцов каждой лопатки колеса зон чувствительности датчиков кластера. Метод может быть использован для диагностики и задач управления газотурбинным двигателем по радиальным зазорам.

Создана компьютерная модель электромагнитного взаимодействия идеализированного чувствительного элемента одновиткового вихревого датчика с объектом – рабочей лопаткой ГТД. Модель построена на основе закона Био–Савара и метода конечных элементов. Впервые в модели лопатка представлена в виде объемного тела в форме параллелепипеда из электропроводного немагнитного материала. Компьютерная модель формирует функции преобразования при перемещении торца лопатки по координатным осям, а также имитирует процессы реальной измерительной цепи и обеспечивает вычисление изменений индуктивности чувствительного элемента и токов конечных элементов во времени для заданных материалов и геометрических размеров чувствительного элемента и лопатки. Компьютерная модель сократила объем трудоемких и длительных натуральных экспериментов при исследовании методов измерения и характеристик датчиков.

### ИЭВБ РАН

Для территории Волжского бассейна и Самарской области определены доли влияния социо-эколого-экономических факторов на состояние здоровья населения. Показано сокращение младенческой смертности за последние 10 лет и рост заболеваний, связанных с системой кровообращения на территории Самарской области. Выявлены эколого-экономические факторы, значимые для данных заболеваний, из которых наиболее существенными оказались антропогенные и социально-экономические.

Определена закономерность изменения растительного покрова Волго-Ахтубинской поймы за последнее десятилетие. В северной ее части происходит ксерофитизация растительности в сочетании с ее рудерализацией и внедрением иноземных видов. Выявлено, что явление ксерофитизации неадекватно объемам воды, сбрасываемым через плотину Волгоградской ГЭС, что позволяет сделать вывод об ухудшении поступления воды в пойму в связи с заилением вторичных водотоков северной части Волго-Ахтубинской поймы. В южной части поймы указанных изменений не обнаружено.

Проведена количественная оценка устойчивости лесных экосистем Волжского бассейна как интегрального параметра их функционирования. Для территории бассейна р. Оки разработаны мелкомасштабные карты резистентной и упругой устойчивости лесных экосистем, характеризующие их чувствительность к изменениям климата и последующий восстановительный потенциал. Установлено, что ожидаемый до конца XXI в. тренд глобального потепления будет наиболее

резко снижать упругую устойчивость лесных сообществ на юге лесостепной зоны и гораздо меньше – в подтаежной зоне.

Установлено, что чужеродные виды являются неотъемлемым и важным структурообразующим элементом зоопланктона Саратовского водохранилища. Около половины биомассы пелагического зоопланктона в весенние и летние месяцы года представлены чужеродными понтокаспийскими и бореально-арктическими видами. За счет этих видов в целом отмечается тенденция увеличения кормовой базы Волжских водохранилищ.

Для нормирования сбросов вредных веществ в природные водоемы предложено использовать не стандартное для всех регионов значение ПДК (предельно-допустимая концентрация), а региональные нормативы качества воды (РНКВ). Показатель РНКВ является количественной характеристикой содержания веществ в воде при наиболее неблагоприятных ситуациях, обусловленных естественными и антропогенными факторами и позволяет учесть природно-климатические особенности водных объектов. Концепция РНКВ основывается на принципе недопустимости изменения качества вод на величину, превышающую естественные колебания концентраций загрязняющих веществ.

Установлено, что в водохранилищах Волжско-Камского каскада пространственное распределение сообществ про- и эукариотических одноклеточных близко к модели “динамики пятен”, а отсутствие достоверных корреляций с ключевыми экологическими факторами свидетельствует о нестационарности планктонных сообществ водохранилищ, в отличие от озер. Комплексный анализ всех компонентов микрозоопланктона показал гетерогенность их распределения во времени и пространстве, обусловленную стратификацией водной толщи, по температуре и содержанию кислорода.

Определены общие закономерности изменения биоразнообразия и динамики структурной организации макрозообентоса уникальных экосистем высокоминерализованных рек аридной зоны Юга России. Выявлены основные типы адаптивных стратегий редких галофильных и галотолерантных видов в условиях воздействия экстремальных природных факторов. Предложены методы математического анализа, позволяющие адекватно оценить пространственное распределение донных сообществ по продольному градиенту равнинных рек в связи с проблемой континуальности и сукцессионных изменений речной биоты.

Показано, что накопление тяжелых металлов (ТМ) растением является органоспецифичным, а изменения в составе липидов и жирных кислот,

вызванные их действием, зависят от стадии онтогенеза растений. Установлен временной интервал начала токсического действия экзогенного ТМ на физиологические процессы растения. Обнаружено, что в результате стресса, вызванного действием ТМ возможен переход на альтернативный путь синтеза основного структурообразующего мембранного липида - фосфатидилхолина.

Выявлены причины дизъюнкций древних ареалов сосудистых растений в процессе генезиса растительного покрова Среднего Поволжья. Подтвержден и объяснен факт наличия рефугиумов в пределах Приволжской возвышенности, дана оценка их вклада в сохранение фиторазнообразия Восточной Европы.

Получены новые данные и обобщены сведения о составе, структуре, экологии, степной и галофитной растительности Юго-Востока Европы. Установлены ботанико-географические и экологические закономерности распределения этих сообществ в условиях аридизации климата.

### СФ ФИАН

Создана численная модель воздействия на микрочастицу светового поля с распределением интенсивности в форме кривой в окрестности порождающей кривой с учетом как преломленной, так и отраженной световой волны. Теоретически и экспериментально показано, что равновесным положением микрочастицы в таком световом поле является не область с максимальной интенсивностью, а некое промежуточное положение на границе распределения интенсивности. Создана экспериментальная установка для динамического манипулирования микрообъектами. С ее помощью проведены эксперименты по исследованию изменения деформируемости эритроцитов при воздействии различных физических и биохимических факторов.

Проведено исследование поляризационных и фазовых характеристик при электрооптическом эффекте деформированных геликоидальных смектических жидких кристаллов (СЖК). Измерены характерные зависимости двулучепреломления, угла поворота оптической оси СЖК ячейки, обыкновенного и необыкновенного показателей преломления, эффективной фазовой задержки и пропускания в системе с параллельными поляроидами как функции напряжения. Исследована поляризационная модуляция прошедшего через ячейку света. Аналогичные измерения были проведены с системой из двух ячеек при параллельной и скрещенной взаимной ориентации. Для исследованной смеси СЖК экспериментально получено, что отклонение оптической оси для эффективной фазовой модуляции равной  $2\pi$  не превосходит  $20^\circ$ , а максимальные

потери по интенсивности 27,5%. Проведено предварительное численное моделирование работы зонального жидкокристаллического модулятора на основе такого СЖК. Получено, что для задач фокусировки излучения в сложные области модулятор показывает удовлетворительное качество.

Предложена новая интерференционная схема получения световых полей с неоднородной поляризацией на основе астигматического преобразования пучка Эрмита-Гаусса  $HG_{10}$  в пучки Лагерра-Гаусса  $LG_{0,1}$  и  $LG_{0,-1}$  с использованием специального дифракционного элемента. Теоретически исследованы пучки Эрмита-Лагерра-Гаусса, смещенные относительно оптической оси. Найден ряд интегральных и алгебраических свойств таких пучков, в частности, доказана структурная устойчивость при распространении в зоне Френеля. Полученные формулы использовались для исследования массивов смещенных ЭЛГ-пучков при различных параметрах (величина смещения, наличие/отсутствие поворота), а также для нахождения орбитального углового момента таких пучков. Показано, что при комплексных смещениях пучков Лагерра-Гаусса можно реализовать спиральные пучки с различными параметрами вращения.

Осуществлен монтаж и настройка комплекса лабораторного оборудования для получения виртуального одномерного атомного пучка ( $^{133}\text{Cs}$ ) в отпаянной ячейке. Наличие одномерного потока атомов, у которых вектора скорости ортогональны к оси пучка диодной накачки, в ячейке между пространственно разнесенными лазерными пучками для накачки и зондирования подтверждено через воздействие на поглощение зондирующего лазерного пучка.

Определено содержание колебательно возбужденных молекул кислорода  $\text{O}_2(^1\Sigma)$  на первом колебательном уровне в зависимости от содержания паров воды в смеси  $\text{O}_2(^1\Delta)-\text{O}_2(^3\Sigma)-\text{H}_2\text{O}$ . Наблюдалось неравновесное заселение колебательного уровня  $v=1$  молекулы  $\text{O}_2(^1\Sigma)$ . Показано, что в процессе  $\text{O}_2(^1\Delta)+\text{O}_2(^1\Delta)-\text{O}_2(^1\Sigma)+\text{O}_2(^3\Sigma)$  образуется не более 5% молекул на уровне с  $v=1$ . Определены температуры газа внутри и на выходе генератора синглетного кислорода (ГСК). Температура газа в нижней и верхней части реакционной зоны ГСК равнялась 256К и 264К соответственно при температуре струй раствора 252К. Температура газа на выходе ГСК достигала значений в диапазоне 320-400К в зависимости от давления  $\text{O}_2(^1\Delta)$ . Показано, что выход  $\text{O}_2(^1\Delta)$  из раствора близок к 90%, а константа скорости его самодеактивации равна  $\sim 8 \times 10^{-17} \text{см}^3/\text{с}$ .

Измерены значения скоростей дезактивации  $\text{O}_2(^1\Delta)$  для различных составов среды  $\text{O}-\text{O}_2-\text{O}_3-$

He-CO<sub>2</sub> с использованием эмиссионной спектроскопии и импульсной лазерной техники. Обнаружена аномально высокая скорость тушения O<sub>2</sub>(<sup>1</sup>Δ) в смеси, содержащей атомы и молекулы кислорода. Добавление в смесь He и CO<sub>2</sub> снижает темп релаксации синглетного кислорода. Открытый в работе канал релаксации необходимо учитывать в балансе O<sub>2</sub>(<sup>1</sup>Δ) в электроразрядных генераторах синглетного кислорода и в земной атмосфере.

Для определения температуры газа T<sub>g</sub> в условиях плазмы разряда в кислороде отработывалась методика, использующая измерения и обработку спектров эмиссионного излучения в полосе перехода O<sub>2</sub>(b<sup>1</sup>Σ) → O<sub>2</sub>(X). По спектрам, которые записывались в диапазоне 600 – 800 нм спектрометром с разрешением FWHM / 0.4 нм, определение T<sub>g</sub> в разрядной плазме обеспечивалось, например, с точностью ± 25 К при характерных T<sub>g</sub> = 750 – 850 К. Получены экспериментальные данные о значениях T<sub>g</sub> в объеме плазмы разряда в потоке кислорода при параметрах: токи разряда 100 – 250 мА, давления 3 – 4 Тора, скорости потока ~120 м/с при диаметре трубки 1 см. Создана начальная версия программы для моделирования кинетики компонентного состава среды при разряде в потоке газовой смеси кислород-аргон. Расчетами по модели плазмохимической кинетики с использованием найденных измерениями значений температур газа в плазме разряда, получены предварительные данные о скоростях тепловыделения в плазменном объеме разряда в потоке кислорода.

Разработан и изготовлен электроразрядный генератор атомарного йода с секционированным катодом, обеспечивающий устойчивость тлеющего разряда постоянного тока при значениях тока до 2 х ампер и расходах донора йода CH<sub>3</sub>I до 0.25 mmol/s. С помощью генератора атомарного йода с секционированным катодом проведены эксперименты с генерацией химического кислородно-йодного лазера. Показано, что использование электроразрядного генератора позволяет лазеру работать при более высоком давлении и повышенной концентрации паров воды в активной среде, что позволяет существенно улучшить его массогабаритные характеристики

Проведено теоретическое моделирование работы фотолизного кислородно-йодного лазера, в среде которого синглетный кислород нарабатывается в результате фотолиза озона. Рассчитанный удельный лазерный энергосъем составил 1,2 Дж/л, что близко к полученному в экспериментах значению 0,94 Дж/л.

Численно исследованы динамические свойства излучения широкоапертурного лазера и сценарий перехода к хаосу с учётом конечного вре-

мени релаксации поляризации и отстройки частоты. Построены бифуркационные диаграммы, определяющие области неустойчивости в которых возможно рождение автоволн, бегущих поперек апертуры в модели, учитывающей конечность времени релаксации поляризации. Найдены спектры временных реализаций и построена карта показателей Ляпунова, иллюстрирующие переход к хаосу и, как минимум, одну бифуркацию удвоения периода тора. Показано, что фазо-параметрическая диаграмма при учете конечности времени релаксации поляризации существенно отличается от приближения с адиабатически исключенной поляризацией.

Проведено численное моделирование трёхмерного закрученного потока в присутствии объёмного тепловыделения. Получены радиальные и осевые распределения радиальной, осевой и азимутальной скорости потока, распределение плотности, температуры и давления турбулентного закрученного потока с тепловыделением. Показано, что наблюдаемая спирально-винтовая структура разряда в вихревом потоке связана с наличием прецессирующего ядра.

Показано, что наиболее эффективное взаимодействие лазерного излучения с аэрозолем алюминия в среде аргона наблюдается при прохождении мощных (~1МВт) импульсов с l=10.6 мкм. Область взаимодействия распространяется на глубину более 1 м, при этом просветление среды наступает после 4-6 импульсов.

Установлено, что величина областей когерентного рассеяния (ОКР) α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, полученного синтезом в электропечи, находится в диапазоне 30-45 нм и зависит от температуры и времени отжига. Размер ОКР в большей степени зависит от максимальной температуры отжига в печи и в меньшей от времени выдержки при постоянной температуре. Для α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, полученного методом лазерной обработки, размеры ОКР равны 65-70 нм. Микродеформации α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, полученного синтезом в электропечи и лазерной обработкой, малы и имеют один порядок величины (1-4·10<sup>-4</sup>).

В результате исследования влияния лазерного термоциклирования и дополнительного подогрева на эффект памяти формы в пористом нитиноле после селективного лазерного спекания (СЛС) показано, что по абсолютному значению удельное электрическое сопротивление ρ = ρ(T) в пористых объёмных изделиях из нитинола (интерметаллидная фаза – NiTi) практически в два раза выше, чем в пористых монослоях, полученных методом СЛС, и на порядок выше, чем в литом нитиноле. Показано, что измерение ρ = ρ(T) является удобной экспериментальной методикой для идентификации различных фаз в материалах с памятью формы и нитиноле. В 3D изделиях за-



фиксирована промежуточная ромбоэдрическая R-фаза. При объемном СЛС увеличение числа слоев (лазерных термоциклов) приводит к более отчетливому проявлению R-фазы

На основе экспериментальных данных сделан вывод о том, что увеличение доли сферических частиц золота, полученных в результате лазерной абляции в воде излучением 1060 нм, обусловлено наличием полосы поглощения дистиллированной воды на 910-1000 нм и может быть объяснено фрагментацией частиц из-за передачи колебательной энергии от молекул воды частицам золота. Отсутствие данной полосы поглощения у этанола приводит к увеличению концентрации удлиненных наночастиц с аспектным отношением  $Q \sim 2-10$ , получаемых в процессе лазерной абляции. Показано, что увеличение доли сферических наночастиц золота, полученных лазерной абляцией в ацетоне излучением с длиной волны 1060 нм связано с преобразованием при повышенных температурах ( $t \sim 700^\circ\text{C}$ ) исходной жидкости в кетен ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}$ ) с полосой поглощения на 1097 нм.

Разработан, изготовлен и отлажен диагностический комплекс по измерению адгезионной составляющей коэффициента трения. Выполнены эксперименты по измерению коэффициента трения в контакте «инструментальный и обрабатываемый материал». На примере контакта Р18 – ст.20 показано, что лазерная импульсная обработка поверхности контакта на воздухе при величине нормальных контактных напряжениях в зоне контакта  $\sim 900\text{МПа}$  приводит к снижению коэффициента трения на  $\sim 20\%$ .

### **ПФ ИРИ РАН**

Впервые собран, проанализирован и опубликован основополагающий комплекс документов, извлеченных из центральных и местных архивохранилищ страны, по истории помощи населения Поволжья освободительной борьбе славянских народов в 1875-1878 гг. Рассмотрены основные направления помощи, участие в ней представителей всех социальных слоёв Поволжья. Собраны воспоминания участников освободительной борьбы балканских народов.

Продолжалась работа по исследованию истории внешней торговли Российской империи с государствами Востока. На монографическом уровне проведён анализ дореволюционной историографии, а также источников по проблеме регулирования внешней торговли России в XVII-XIX вв. Исследована роль этнических групп (оренбургских татар, бухарских евреев, цыган) в развитии внешней торговли России.

Проведено исследование роли Македонии во взаимоотношениях европейских и балканских

государств на рубеже XIX-XX вв. Раскрыта роль российско-македонских отношений и их влияние на развитие ситуации на Балканах.

Продолжено исследование актуальных проблем истории Отечественной войны 1812 года, в частности на монографическом уровне исследовано одно из малоизученных сражений первого этапа войны – Полоцкое сражение.

Неординарным событием в изучении истории второй половины XVIII в. стала находка записки князя М.М. Щербатова «Мнение о законах основательных государства», считавшейся утерянной. Записка и научные комментарии к ней были опубликованы.

### **ВФ ИМЕТ**

В рамках разработки научных основ текстурного дизайна функциональных и конструкционных материалов и формирования регламентируемых физико-механических свойств поликристаллических материалов предложен новый критерий учета свойств монокристалла, который совместно с параметрами наноструктуры позволяет управлять величиной и характером анизотропии физико-механических свойств.

Фундаментальные исследования по воздействию импульсных магнитных полей на жидкий и кристаллизующийся металл предоставили возможность перехода к прикладному использованию полученных результатов в литейных производствах ОАО «Мотростроитель» и ФУГП «ЦСКБ – Прогресс». Получены первые типовые отливки.

Установлено влияние различных марок смазки на процесс прокатки алюминиевых сплавов.

### **НИИ ТПК**

Разработаны фундаментальные основы низкотемпературного гетерогенного синтеза наноструктурных покрытий из ускоренных плазменных потоков металлической плазмы. Получены новые знания о закономерностях генерации, транспортировки и электрообмене движущейся металлической плазмы.

Разработаны теоретические основы термомеханики формирования мезоструктурноупорядоченных кластерных плазменных покрытий. Получены результаты экспериментальных исследований влияния регулируемой мезоструктурной упорядоченности на эксплуатационные свойства системы. Получены результаты теоретических и экспериментальных исследований термомеханики формирования мезоструктурноупорядоченных кластерных плазменных покрытий.

Разработаны научные основы ионно-плазменного гетерогенного синтеза наноструктурных резистивных покрытий на высокоинертных тон-

копленочных полимерах. Получены закономерности влияния размеров структуры, толщины покрытий и технологических факторов процесса на удельное электрическое сопротивление покрытий. Разработаны рекомендации и предложения по постановке прикладных исследований в области создания тонкопленочных электронагревателей с резистивным наноструктурным слоем для систем терморегулирования бортовой аппаратуры космических аппаратов.

Разработаны теоретические основы термопластического дислокационного упрочнения материалов. Получены зависимости, определяющие влияние дислокационной структуры термоупрочненного материала на процессы его разрушения под температурно-силовым воздействием. Получены результаты теоретических и экспериментальных исследований теоретических основ термопластического дислокационного упрочнения материалов.

Разработана методика проведения теоретического анализа напряжённо-деформированного состояния материала заготовок в процессе формообразования различных деталей давлением импульсного магнитного поля.

Разработана методика оценки качества листовых деталей изделий ракетно-космической

техники, полученных методом стесненного изгиба и математическая модель процесса стесненного изгиба.

Получены новые знания в области создания композиционного керамического мезоструктурноупорядоченного материала теплозащитного плазменного покрытия системы металл-керамика на рабочих лопатках и сопловых секциях турбины газотурбинных установок с целью повышения их надежности и ресурса.

Проведено математическое моделирование разделительных процессов, определение условий напряженно-деформированного состояния заготовки и экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния заготовок для наиболее эффективных схем разделения.

### **ИАМ**

Разработана виброакустическая конечноэлементная модель трубопровода произвольной пространственной конфигурации. Модель позволяет рассчитывать колебания стенок трубопровода при его силовом и кинематическом возбуждении.

Разработаны физические модели гасителей пульсаций давления и аэродинамического шума для газовой редуцирующей арматуры.