



ДОКЛАД
О ВАЖНЕЙШИХ
НАУЧНЫХ ДОСТИЖЕНИЯХ
РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ
В 2018 ГОДУ

МОСКВА
2019

УДК 001
ББК 72
Д63

СОДЕРЖАНИЕ

СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛЕЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ И ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ	4
Математические науки	4
Физические науки	20
Нанотехнологии и информационные технологии	45
Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления	63
Химия и науки о материалах	72
Биологические науки	83
Физиологические науки	95
Медицинские науки	110
Науки о Земле	128
Общественные науки	172
Глобальные проблемы и международные отношения	205
Историко-филологические науки	213
Сельскохозяйственные науки	222
Важнейшие научные достижения в области архитектуры и строительных наук	237
Важнейшие научные достижения в области образования	254
Важнейшие научные достижения в области изобразительного искусства	260
Важнейшие научные достижения, полученные в вузовском секторе науки	272
Фундаментальные исследования в государственных научных центрах и корпорациях	327
Заключение	378
Принятые сокращения	379
Рисунки и иллюстрации	403

СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛЕЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ И ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Математика как наука является основанием, на которое опираются все естественнонаучные способы познания мира, а теперь и многие гуманитарные исследования. Большинство областей математики, развивавшихся в течение длительного времени как чисто теоретические, привели впоследствии к революционным сдвигам как в технологическом прогрессе, так и в научном описании нашего мира. Советская и российская математическая школа в XX веке занимала лидирующие позиции практически во всех областях теоретической математики. Россия и в настоящее время сохраняет значительный потенциал, позволяющий говорить о сильной российской математической школе и ее влиянии на мировую математику. Отметим следующие основные современные тенденции развития в мировой и российской математике.

В области **математической логики** усиливаются связи с другими теоретическими областями математики и в то же время обнаруживаются новые практические приложения. В теории моделей активно развиваются методы, связанные с приложениями к алгебраической геометрии. Современная теория вычислимости представлена работами по теории сложности вычислений и доказательствам булевой сложности, алгоритмической теории информации, а с другой стороны – исследованием новых физически или биологически мотивированных моделей вычислений, таких как квантовые вычисления, ДНК-вычисления и другие. В области **теории доказательств** активно развиваются направления, связанные с извлечением информации вычислительного характера – «майнингом» математических доказательств. При этом акцент делается на применение логических методов анализа к неконструктивным доказательствам. Большой интерес с теоретической точки зрения представляет в последнее время так называемая гомотопическая теория типов, возникшая благодаря работам В.А. Воеводского. Также значительно увеличилось количество исследований различных типов систем построения формализованных выводов. В целом, область структурной теории доказательств, тесно связанная с теорией вычислимости и функциональными языками программирования, переживает в наше время очевидный подъем.

В области **приложений логики к информатике** все большее место занимает модальная логика в различных ее проявлениях – для описания обмена знаниями в многоагентных системах, для верификации протоколов вычислений, в языках авторизации, в языках онтологических баз знаний (дескрипционной логике). В целом, теория баз данных представляет собой одно из наиболее значительных областей приложений существующих методов математической логики.

Современная **алгебра** связана со многими областями математики и ее приложениями. Наиболее активно в настоящее время как в России, так и за рубежом развиваются теория групп (как конечных, так и бесконечных), теория колец и алгебр, алгебраическая К-теория, теория категорий и гомологическая алгебра. Значительное внимание уделяется алгебрам Каца–Мули, имеющим важные применения в математической физике. Различные задачи алгебры, особенно алгоритмической природы, связаны с теорией моделей в логике. Еще одним из самых популярных направлений развития в современной алгебре является геометрическая теория групп. Также в последние годы развиваются асимптотические и вероятностные методы в теории групп и связи теории групп с теорией динамических систем. Несмотря на интенсивные исследования в этих областях, остаются открытыми многие вопросы.

Теория чисел представлена в России исследованиями по алгебраической теории чисел, теории диофантовых приближений и трансцендентных чисел, комбинаторной теории чисел, геометрией чисел, теорией дзета-функций, теорией диофантовых уравнений. Имеются и новые направления развития, такие как комбинаторная теория чисел. Важными достижениями последнего времени является прогресс в таких трудных задачах теории чисел, как распределение нулей дзета-функции Римана, развитие программы Ленглендса и ее обобщений, применение эллиптических кривых к задачам криптографии. В **аналитической теории чисел** в последнее время получены очень глубокие результаты, связанные с оценками тригонометрических интегралов специального вида, уточняющие классическую теорему о среднем И.М. Виноградова. Эти результаты позволили получить целый ряд продвижений во многих задачах теории чисел, таких как проблема Варинга, оценки тригонометрических сумм и др. Кроме того, были получены глубокие результаты, касающиеся особых свойств простых чисел, в частности, в задаче о существовании бесконечного множества пар последовательных простых чисел, расстояние между которыми не превосходит постоянной (аналог проблемы «простых близнецов»).

В последние несколько лет в **арифметической алгебраической геометрии** произошли революционные изменения, связанные с появлением теории перфектоидов. Данная теория открыла совершенно новые подходы к p -адическим целочисленным теориям когомологий, позволила решить ряд давно стоящих гипотез относительно представлений Галуа, а также позволила вплотную приблизиться к локальной гипотезе Ленглендса – одной из самых глубоких гипотез XX века в арифметической геометрии и алгебраической теории чисел. Создатель теории перфектоидов Петер Шольце был удостоен в 2018 году на Международ-

ном математическом конгрессе, проходившем в Рио-де-Жанейро, Филдсовской медали. Кроме того, появилась серия работ, открывших принципиально новую перспективу исследования дзета-функций арифметических многообразий при помощи явных формул для всех старших производных. Существование подобных формул никогда раньше не предсказывалось специалистами, изучавшими дзета-функции. Ожидается, что данные формулы также должны иметь приложения к изучению дзета-функций при помощи многомерных аделей – направлению, активно развивающемуся рядом российских математиков.

В алгебраической геометрии в последние годы можно выделить две основные тенденции. Первая связана с новыми прорывами в классических областях, связанных с бирациональной геометрией и реализацией программы минимальных моделей. Здесь были получены прорывные результаты, позволившие по-новому взглянуть на данную область. Это целая отрасль математики, в развитие которой внесла огромный вклад отечественная школа бирациональной алгебраической геометрии, и в особенности И.Р. Шафаревич, В.А. Исковских и В.В. Шокуров. В 2018 году Кошер Биркар, который является учеником сотрудника МИАН В.В. Шокурова, получил медаль Филдса на Международном математическом конгрессе за доказательство гипотезы Борисова–Алексеева–Борисова, которая говорит об ограниченности семейств многообразий Фано с ε -лог-терминальными особенностями. С другой стороны, все большие обороты набирает такое направление, как **производная и некоммутативная алгебраическая геометрия**, связанная с новыми подходами к алгебраическим многообразиям через описание категорий пучков на них в терминах дифференциально-градуированных алгебр и модулей, а также A -бесконечность структур. Данный подход позволяет работать с многообразиями как с алгебраическими объектами и существенно расширяет само понятие алгебраического многообразия. Большие достижения в обоих выделенных направлениях были получены за последние годы сотрудниками отдела алгебраической геометрии МИАН.

Основными тенденциями в развитии собственно **геометрии** являются: в настоящее время симплектическая геометрия, метрическая и риманова геометрия, комбинаторная геометрия, а также изучение геометрических аспектов в теории интегрируемых систем и в теории динамических систем. Важнейшими задачами **симплектической геометрии** являются: классификация симплектических многообразий, а также задача классификации всех возможных лагранжевых подмногообразий в данном конкретном симплектическом многообразии с точностью до лагранжевых деформаций, а также с точностью до гамильтоновых изотопий. В задаче классификации лагранжевых подмногообразий важное продвижение последнего времени связано с построением новых классов монотонных лагранжевых торov, попарно гамильтоново неэквивалентных друг другу, в базовых симплектических многообразиях. Это важный шаг в задаче построения категорий Фукаи–Флоера, известных симплектических многообразий, необходимых для приложений в математической физике. Замечательным в этих последних результатах является то, что такие новые конструкции сочетают в себе элементы симплектической и алгебраической геометрии, под-

тверждая наиболее общую философию зеркальной симметрии. Следует также отметить некоторые доклады на прошедшем в 2018 году Международном математическом конгрессе, раскрывающие симплектические перспективы в задачах градиентной оптимизации, или, например, имитирующие условия стабильности для случая симплектических групп, классов, отображений и т.п. В качестве самых свежих результатов из области, собственно, симплектической геометрии там были представлены симплектическая классификация нежестких штейновых многообразий и конструкции новых экзотических лагранжевых подмногообразий в комплексном пространстве.

В области **топологии** активно развиваются исследования по сильным группам, по топологии многообразий малой размерности. Одно из наиболее популярных в последнее время направлений в математике состоит в изучении связей между теорией узлов и математической и статистической физикой. Другой проблемой в топологии остается задача вычисления гомотопических групп сфер и их связь с гладкими структурами. Недавний прогресс в этой области – это теорема Вонга и Ксу об отсутствии 2-кручения в 61-й стабильной группе сфер и, как следствие, единственность гладкой структуры на 61-мерной сфере.

В модулярной теории представлений редуктивных алгебраических групп диаграмматическая техника и чётные пучки позволили совершить решающий прорыв в вычислении характеров неприводимых и наклонных представлений. Стало понятно, что роль канонического базиса Каждана–Люстига для модулярных представлений играют поколения r -канонических базисов. Этот прорыв можно сравнить только с революцией в теории представлений, произведенной геометрическими методами Каждана–Люстига и извращенными пучками 40 лет назад. В программе Ленглендса для редуктивных групп над глобальными и локальными функциональными полями построены Галуа-параметры для всех автоморфных представлений. Ранее этот результат был известен только для общей линейной группы. Теперь доказательство работает для всех редуктивных групп и стало гораздо короче и понятнее. Две из четырех медалей Филдса на конгрессе в Рио-де-Жанейро были присуждены за работы, имеющие непосредственное отношение к теории представлений. Петер Шольце разработал теорию перфектоидов и бриллиантов, которая позволила перенести теорию штук Дринфельда на r -адические поля. Акшай Венкатеш открыл естественное глубокое обобщение теории Тэйлора–Уайлса, связывающей аффинные алгебры Гекке с деформациями представлений Галуа, на аналоги этих объектов в производной алгебраической геометрии.

Исследования по математическому **анализу** проходят во все более тесной связи с дискретной математикой и информатикой. В частности, методы **функционального анализа** и выпуклой геометрии оказались востребованными в прикладных задачах оптимизации различных поисковых и обучающих процессов, связанных с Интернетом. Теория «сжатых измерений» (compressed sensing) уже достаточно широко внедрена в практику. Одновременно, в связи с запросами теории функций, в этой теории активно развиваются вероятностные и комбинаторные методы. Синтез различных методов проявился, например,

при решении задач о дискретизации функциональных систем. Значительное развитие получил **бесконечномерный анализ**, лежащий на стыке нескольких современных областей математики: функционального анализа, геометрии, стохастического анализа, теории уравнений с частными производными, теории экстремальных задач и математической физики. Характерные объекты этого направления – пространства метрик и многообразий, пространства мер с метриками и топологиями, дифференциальные уравнения и меры в бесконечномерных пространствах. Эта тематика представлена в публикациях в ведущих математических журналах и в докладах на недавних конгрессах математиков и других крупных научных форумах. Несколько филдсовских лауреатов последних лет получили свои основные результаты именно в бесконечномерном анализе. В большой мере к этому направлению можно отнести и другую интенсивно развивающуюся сейчас междисциплинарную проблематику – теорию оптимальных транспортировок, нередко называемую задачами Монжа–Канторовича. Помимо существенного прогресса в решении задач, поставленных еще этими классиками, здесь возникли совершенно новые постановки и появились приложения в экономике, в том числе в задачах оптимального распределения ресурсов и управления транспортными потоками.

Современные проблемы в таком важном разделе математического анализа, как **теория приближений**, вызваны потребностями биологии, медицины, техники. Они формулируются в пространствах очень большой размерности, что приводит к новым эффектам. Большие усилия математиков разных стран прилагаются к тому, чтобы получить результаты, не зависящие или слабо зависящие от размерности. Имеется несколько принципиально различных подходов к этой проблеме. Наиболее современный и активно развивающийся подход связан с методами приближения элементов в пространстве большой размерности линейными комбинациями небольшого количества элементов из заданного множества. Эти проблемы связаны с проблемой экономного хранения большого массива данных, в которой в последнее время получены прорывные результаты.

В области **комплексного анализа** активно развиваются направления, связанные с проблемами алгебраической геометрии, теории динамических систем и математической физики. Теория комплексного уравнения Монжа–Ампера и методы L2-оценок Хермандера использовались для изучения кэлеровых метрик и положительных векторных расслоений. Активно исследовалась динамика голоморфных и мероморфных отображений комплексных многообразий. Были получены новые результаты о структуре гильбертовых пространств голоморфных функций и их приложениях в спектральной теории. Методы дискретного комплексного анализа нашли новые применения в задачах о решеточных моделях математической физики.

Современная физика, как и в прежние времена, продолжает оставаться источником трудных и актуальных математических задач. Так, например, вопрос о глобальном существовании гладких решений трехмерной системы Навье–Стокса является на сегодняшний день одной из центральных проблем современной **теории дифференциальных уравнений в частных производных**.

В последние десятилетия получено множество сильных результатов в общей теории существования классических и обобщенных решений, спектральной теории дифференциальных операторов, качественной теории уравнений в частных производных, теории уравнений на многообразиях с особенностями и т.д.; в то же время, много важных проблем остаются открытыми. Научный прогресс в различных областях физики (электродинамика, гидродинамика, сейсмология, квантовая физика, теория поля, теория гравитации) неизменно приводит к появлению все новых и новых задач, связанных с уравнениями в частных производных.

Исследование динамики классических и квантовых сложных систем и соотношения между ними является одной из фундаментальных задач **математической физики**. Центральные проблемы в этой области связаны с изучением асимптотического поведения решений микроскопических уравнений Ньютона или Шредингера для системы многих частиц при относительно больших временах, развитием теории геометрического квантования классических фазовых многообразий и динамических систем, исследование свойств квантово-полевых моделей и проблемы их согласования с теорией гравитации, доказательство наличия ненулевой массы в общих теориях Янга–Миллса.

Задачи **динамики гамильтоновых** систем возникают при исследовании широкого спектра моделей. В течение последних лет активизировались исследования по изучению соотношения регулярных и хаотических аспектов динамики как в конечномерных, так и в бесконечномерных системах. В последние годы были получены важные результаты в области исследования новых препятствий к интегрируемости, построения хаотических режимов и исследования динамических аспектов в различных, в том числе бесконечномерных системах, в задаче математического обоснования теории теплопроводности твердых тел, в задачах небесной механики, диффузии Арнольда и других.

Характерной особенностью современной **теории вероятностей и математической статистики** является ее тесная связь с различными областями математики (от алгебры и геометрии до функционального анализа и теории дифференциальных уравнений). К числу важных современных направлений данных дисциплин относятся: теория стохастических дифференциальных уравнений; теории случайных матриц и графов; теория просачивания; некоммутативная теория вероятностей и ее приложения в квантовой теории информации и теории статистических решений; стохастическая геометрия; стохастическая оптимизация; статистика больших массивов данных; статистические основания теории машинного обучения; математические модели телекоммуникационных сетей и систем обслуживания. Многочисленные приложения теории вероятностей и математической статистики к анализу сложных многокомпонентных систем в физике, технике, информатике, криптографии, экономике, финансовой математике, биологии и социальных науках являются источником новых постановок задач как для современных, так и классических направлений, включая: предельные теоремы теории вероятностей и математической статистики; теорию случайных процессов и статистических решений; теорию больших и

малых отклонений; последовательный статистический анализ. При этом заметную роль играют направления, связанные с анализом больших массивов данных, а также исследованием свойств сложных стохастических систем, которые имеют взаимозависимые элементы либо описывают объекты, эволюционирующие в случайных средах.

В 2010 году в Математическом институте им. В.А. Стеклова РАН была создана **лаборатория популяризации и пропаганды математики**. Проекты лаборатории – фильмы о математических задачах, книга о проявлении математики в окружающем нас мире, наглядные пособия для изучения и популяризации математики – были отмечены рядом российских наград. В 2018 году результаты работы лаборатории получили одно из высших в математической среде международных признаний – приглашенный доклад о проектах на Международном конгрессе математиков, проводимом раз в 4 года, в этот раз в Бразилии.

Высокопроизводительные вычисления и большие данные позволяют получать научную, техническую, управленческую информацию в любых сферах деятельности с помощью использования современных суперкомпьютеров и средств хранения данных. Особое значение имеет использование суперкомпьютеров в **математическом моделировании**. Учитывая влияние суперкомпьютерных технологий на развитие науки, промышленности, в том числе оборонной, развитие экономики в целом, их можно определить как один из важнейших факторов национальной безопасности России, ее успешного вхождения в шестой технологический уклад. Разработка алгоритмов прикладного математического обеспечения, адаптируемых к архитектуре систем с экстремальным параллелизмом и объемом данных, и их использования для решения пилотных задач – все это связанные проблемы.

В настоящее время наблюдается быстрый рост производительности вычислительной техники. В июне 2018 года было объявлено о вводе в США в эксплуатацию вычислительной системы SUMMIT с пиковой производительностью 200 PFLOPS (один PFLOPS соответствует 10^{15} операций с плавающей запятой, производимых в одну секунду). Эта система имеет гибридную архитектуру, в которой в качестве ускорителей используются графические платы. В США планируется к 2023 году запустить вычислительную систему с производительностью 1 EFLOPS (1000 PFLOPS). Объявлен тендер на проведение проектных работ по созданию второй и третьей системы эксафлопсной производительности. Европейский союз также планирует ввести в 2023 году систему эксафлопсной производительности, выделяя на эти цели 1 млрд €.

Упомянутые выше системы с рекордной производительностью представляют из себя своеобразную вершину пирамиды. На более низких уровнях находятся центры с производительностью порядка 5–10 PFLOPS. Так, в одной Германии к этому классу можно отнести несколько вычислительных центров, создание которых и их эксплуатация в значительной мере поддерживаются региональными властями (Юлих, Мюнхен, Фрайбург, Дрезден, Гамбург, Штутгарт). Производительность наиболее мощной общедоступной системы России составляет 5 PFLOPS (Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова), что не соот-

ветствует современным потребностям. Так, например, в настоящее время исследование турбулентных течений невозможно представить без прямого моделирования неустойчивостей на высокопроизводительных системах. При этом моделирование неустойчивостей все более мелких масштабов требует применения все более производительных систем.

Продолжается выполнение принятой в 2017 году Программы Президиума РАН, посвященной разработке алгоритмов и математического обеспечения для систем с экстремальным параллелизмом. Участниками Программы являются, в основном, институты ОМН РАН. Головным институтом является Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. ОМН РАН также планирует участвовать в комплексной научно-технической программе исследований, разработок, создания продуктов и услуг на основе суперкомпьютерных технологий на 2018–2025 годы «Цифровой прорыв: суперкомпьютерные технологии для новых и трансформируемых рынков». Успешное выполнение программы фундаментальных исследований в области высокопроизводительных вычислений и больших данных позволит получить инструмент для ускоренного развития практически во всех областях фундаментальной науки, промышленности, управления.

Приведем список направлений, для которых применение высокопроизводительных вычислений оказывает сильное положительное влияние на их развитие: фундаментальная наука, аэрокосмическая индустрия, энергетика – традиционная, атомная, термоядерная, добыча и разведка углеводородного сырья, нано и биотехнологии, создание новых материалов, экология, изменение климата, прогноз погоды, индустрия больших данных, государственное и корпоративное управление, персонализированная и высокотехнологичная медицина, сельское хозяйство и биотехнологии, оборонные исследования, дистанционное зондирование Земли.

Математическое моделирование является важным разделом математических наук, который позволяет получать новые количественные и качественные результаты о природных, промышленных, социально-экономических, и других процессах на основе адекватных математических моделей в сочетании с современными численными методами и алгоритмами, с последующей визуализацией и анализом полученных результатов. В настоящее время вычислительные эксперименты (в основном, с применением высокопроизводительных многопроцессорных систем) позволяют успешно заменять дорогостоящие натурные или труднореализуемые лабораторные эксперименты, что используется не только для изучения тех или иных физических явлений, но и для проектирования сложных инженерных конструкций и сооружений. Отметим такие важные стратегические области, как Арктические исследования, георазведка полезных ископаемых (в первую очередь, углеводородов), аэрокосмическая техника, гиперзвуковые аппараты, композитные покрытия летающих аппаратов, физика плазмы, распространение электромагнитных волн, климатические и экологические проблемы, вычислительная медицина и биология, безопасность железнодорожного транспорта.

В 2018 году специалисты ОМН РАН по математическому моделированию работали в следующих стратегически важных для страны научных областях.

1. Проблемы Арктической зоны Российской Федерации, в частности, сейсмо- и электроразведка нефти и газа, безопасность ледостойких платформ, нефтегазовых трубопроводов, ледовых дорог и аэродромов, климатические задачи. Эти исследования проводились учеными ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, ИВМ РАН, ИВМиМГ СО РАН, кафедры информатики и вычислительной математики МФТИ.

2. Проблемы движения гиперзвуковых аппаратов в атмосфере Земли, важность которых отмечалась в апрельском докладе Президента Российской Федерации, в частности, задачи их обтекания и прочности; следует отметить работы в этой области таких академических институтов, как ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, ИПМех РАН, МФТИ (кафедра информатики и вычислительной математики); исследования, проведенные этими коллективами, показали перспективность использования таких конструкций.

3. Задачи неразрушающего контроля. Этот класс задач представляет большой интерес в вопросах аэрокосмической и железнодорожной техники, поскольку их численное решение позволяет определить внутренние дефекты композитных и металлических конструкций, наличие карстовых полостей в железнодорожных насыпях, от которых зависит безопасность движения.

4. Проблемы земной атмосферы, мирового океана и климата; климатическая программа (ИВМ РАН), реализованная в ОМН РАН, представляется уникальной не только в нашей стране, но и в мире.

5. Математические проблемы медицины. В этой области следует отметить значительные достижения, в частности, в исследованиях неоднородных включений в мозге человека, последствий травматических воздействий, процессов дыхания и кровообращения (ИВМ РАН, ИАП РАН, МГУ, кафедра информатики и вычислительной математики МФТИ).

6. Проблемы проектирования космических аппаратов, в том числе их двигателей, обеспечивающих мягкую посадку. В ИАП РАН ведется расчет течений в регулируемых соплах таких двигателей, режим работы которых регулируется путем несимметричного перекрытия части площади критического сечения и изменением давления в камере сгорания.

7. Проблема астероидно-кометной опасности и изучение высокотемпературных взаимодействий космических тел с атмосферой Земли. Данное научное направление в настоящее время вновь выдвинулось в ряд задач первостепенной значимости в связи с осознанием реальности угрозы со стороны космических объектов, особенно после Челябинского события (2013 г.). В ИАП РАН на основе численных и аналитических подходов создана комплексная модель, определяющая движение и разрушение космических тел естественного происхождения в земной атмосфере, включая исследование задачи о «множественных взрывах» в атмосфере после фрагментации метеорита.

Следует отметить серьезные достижения в разработке высокоточных численных методов решения задач математической физики (ИПМ им. М.В. Келдыша).

дыша РАН, ФИЦ ИУ РАН, ИВМ РАН, ИАП РАН, кафедра информатики и вычислительной математики МФТИ). Значительные продвижения в математическом моделировании сложных физических процессов (пространственные динамические нелинейные задачи, гетерогенные среды, подвижные и контактные границы, требующие больших объемов памяти) обусловлены, кроме того, развитием высокопроизводительной многопроцессорной вычислительной техники и разработкой соответствующих распараллеленных алгоритмов; эти работы проводятся в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, ФИЦ ИУ РАН, ИВМ РАН, МГУ, МФТИ.

Системное программирование – это комплекс дисциплин о программно-аппаратных системах, отвечающих за эффективную, безопасную и продуктивную работу информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) – в частности, в сфере больших данных, искусственного интеллекта, интернета вещей и машинного обучения.

В настоящее время успешное обеспечение эффективности, продуктивности и безопасности IT-систем сталкивается с возрастающими рисками со стороны киберугроз. Значительную роль в этом процессе играет общее усложнение IT-технологий. Эскалация размеров приводит к тому, что ошибок в ПО становится намного больше, а искать их – гораздо сложнее. Еще один важный мировой тренд – интернет-доступность всех систем, которая также повышает вероятность деструктивных атак путем эксплуатации ошибок в ПО. Все это ведет к отказам в обслуживании, к уничтожению и краже данных.

В сложившейся ситуации обеспечение кибербезопасности становится глобальным вызовом, поскольку под угрозой – все IT-технологии. Ключевое направление противодействия этим угрозам – разработка новых моделей, методов и технологий системного программирования, позволяющих обнаружить и устранить максимальное количество дефектов в исходном и исполняемом коде на этапах разработки и предотвратить или смягчить последствия эксплуатации оставшихся. Наличие и зрелость такого комплекса технологий фактически определяет уровень кибербезопасности всех научно-технологических отраслей России – особенно, в условиях цифровой экономики. Сейчас в России исследования в области информационной безопасности сосредоточены в ведущих научных центрах ОМН РАН, одним из которых является Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН (ИСП РАН).

Исследуются и развиваются самые актуальные и перспективные направления отрасли. В частности, это дедуктивная верификация моделей безопасности, анализ и трансформация программ для безопасной разработки ПО, выявление уязвимостей и дефектов, создание доверенной среды выполнения и безопасной компиляции, обфускация и диверсификация кода, гомоморфное шифрование, методы квантовой криптографии. На базе фундаментальных исследований созданы конкурентноспособные на мировом уровне технологии, которые внедряются в крупных отечественных и зарубежных компаниях, таких как Samsung, Huawei Technologies, Rogue Wave, Synchro, Hewlett Packard Enterprise, DELL, NVIDIA, «ВымпелКом», ГосНИИАС, «Свемел» и др.

Вместе с тем, очевидно, что достижение фундаментальных результатов и долгосрочное развитие технологий в области системного программирования невозможно силами только одной из заинтересованных сторон: поставщиков или разработчиков ПО, государственных или академических организаций. Необходимо создание комплексной научно-технической системы для развития технологий по защите ПО. Ядром этой системы мог бы стать распределенный центр компетенций – научное объединение, консолидирующее усилия РАН, а также других государственных и коммерческих организаций с привлечением международных компаний.

Предложения ИСП РАН по активизации противодействия киберугрозам были заслушаны на заседании Президиума РАН 13 декабря 2018 года. В результате обсуждения было принято решение подготовить проект обращения в Правительство Российской Федерации о мерах по развитию системного программирования, как ключевого направления противодействия киберугрозам в Российской Федерации; подготовить предложения в программу фундаментальных научных исследований Президиума РАН «Фундаментальные проблемы системного программирования для обеспечения информационной безопасности программно-аппаратных систем»; разработать комплексную научно-техническую программу для создания новых моделей, методов и соответствующих технологий системного программирования; подготовить предложение по организации распределенного центра компетенций под научно-методическим руководством РАН в целях создания жизнеспособной системы противодействия киберугрозам в рамках системного программирования; подготовить предложения в ВАК о введении новой научной специальности «Методы и технологии анализа программно-аппаратных комплексов для обеспечения кибербезопасности».

Отметим повышение интереса представителей российской математической диаспоры к участию в математической жизни России, более тесному сотрудничеству с российскими математическими учреждениями и, в частности, работе по воспитанию нового поколения российских математиков. В связи с этим с особой актуальностью встает вопрос об организации в России **Международных математических институтов**, существующих во многих странах мира. До сих пор у нас есть всего один Международный институт им. Эйлера в Санкт-Петербурге, чего явно недостаточно для ведущей математической державы, каковой является Россия. Необходимо создать, по крайней мере, еще три подобных института в Москве, Екатеринбурге и Новосибирске. Эти центры должны играть не меньшую роль в мировом сообществе, чем лучшие из их зарубежных аналогов. Для этого необходимо, по крайней мере: наличие в составе работников центра математиков мирового уровня (прежде всего – российского происхождения), условия оплаты, труда и проживания, максимально приближенные к условиям у «конкурентов». Необходимо также отметить, что следующий **Международный математический конгресс** пройдет в России в Санкт-Петербурге в 2022 году. Такое решение было принято на Генеральной Ассамблее международного математического союза, которая собиралась в бра-

зильском городе Сан-Паулу прямо перед началом конгресса в Рио-де-Жанейро. Заявка от России опередила заявку, поданную городом Парижем, в очень сложной и драматичной борьбе

Сказанное выше позволяет сделать вполне определенный вывод: отечественные исследования во всех областях современной математики соответствуют мировому уровню, а в некоторых разделах теоретической математики превосходят его.

Важнейшие достижения

1. Некоммутативная теория Ходжа

Некоммутативная алгебраическая геометрия возникла в начале 80-х годов, в связи с открытием циклических гомологий, и активно развивается последние 15–20 лет. С одной стороны, она дает новый взгляд на классические алгебраические многообразия, а с другой стороны, позволяет применить геометрическую интуицию к совершенно новым объектам, приходящим, например, из теории представлений или зеркальной симметрии. При этом главными в некоммутативной геометрии являются гомологические методы.

В цикле работ Д.Б. Каледина доказана первая нетривиальная общая теорема некоммутативной алгебраической геометрии – теорема о вырождении спектральной последовательности Ходжа-де Рама. В коммутативном случае это утверждение имеет массу следствий – например, что все глобальные голоморфные дифференциальные формы на компактном комплексном алгебраическом многообразии замкнуты – и лежит в основе большого количества сильных структурных теорем.

От доказанной теоремы можно ожидать аналогичных применений в геометрии некоммутативной, что значительно продвинет этот новый предмет. (МИАН, д.ф.-м.н. Д.Б. Каделин)

$$H^*(X, \Omega_X^*) \Rightarrow H_{DR}^*(X) \quad HH_*(A, (u)) \Rightarrow HP_*(A), \deg u = 2.$$

Рис. 1. Классическая и некоммутативная спектральные последовательности Ходжа-де Рама. Они вырождаются, если X – гладкое компактное многообразие, и если A – гладкая компактная дифференциально-градуированная алгебра над полем характеристики ноль.

Публикации:

1. D. Kaledin. Bokstein homomorphism as a universal object // Adv. Math. 2018. Vol. 324. P. 267–325.
2. D. Kaledin. Co-periodic cyclic homology // Adv. Math. 2018. Vol. 334. P. 81–150.
3. D. Kaledin. Spectral Sequences for Cyclic Homology // Algebra, Geometry and Physics in the XXI century (Kontsevich Festschrift). Prog. Math. 2017. Vol. 324. P. 99–129.

2. Структура краев спектральных зон двумерных периодических эллиптических операторов

Оператор Шредингера с периодическим электрическим потенциалом является основной моделью в физике твердого тела. Хорошо известно, что спектр его имеет зонную структуру, то есть состоит из зон, разделенных лагунами. Край зоны является максимумом или минимумом соответствующей зонной функции (зависимость энергии от квазиимпульса). Возникает вопрос, на каком множестве этот максимум или минимум зонной функции может достигаться. С физической точки зрения естественно предполагать, что он достигается только в конечном числе точек и что все эти экстремумы не вырождены. Однако в математической физике известны только два строгих результата в этом направлении:

- 1) это всегда так в одномерном случае, и
- 2) нижний край спектра, то есть минимум первой зоны, оператора Шредингера не вырожден.

В работе рассматривается широкий класс периодических эллиптических операторов второго порядка в двумерном случае. Доказано, что максимум и минимум любой зонной функции достигаются только на дискретном множестве точек. Это исключает возможность такого вырождения, когда экстремумы зонной функции достигаются вдоль кривых. (ПОМИ РАН, к.ф.-м.н. Н.Д. Филонов, И.В.Качковский)

Публикация:

N.Filonov, I.Kachkovskiy. On the structure of band edges of 2-dimensional periodic elliptic operators // Acta Mathematica. 2018. Vol. 221. №. 1. P. 59-80.

3. Доказательство существования решения задачи о магнитогидродинамическом контактном разрыве

Контактные разрывы являются одним из типов сильных разрывов для уравнений магнитной гидродинамики (МГД), описывающих течение невязкого идеально проводящего газа (в частности, плазмы) в магнитном поле. Свободная поверхность контактного разрыва движется со скоростью частиц газа и является характеристикой системы МГД. Функции давления, скорости и магнитного поля непрерывны в точках его поверхности, в то время как плотность, энтропия и температура могут иметь произвольный скачок на разрыве. Контактные разрывы наблюдаются за астрофизическими ударными волнами, ограничивающими остатки сверхновой, или, например, появляются в результате взаимодействия множественных ударных волн, порождаемых быстрыми корональными выбросами массы (рис.2). Для двумерного случая доказана локальная по времени теорема существования и единственности в пространствах Соболева решения задачи со свободной границей для магнитогидродинамического контактного разрыва при условии, что в начальный момент времени в каждой точке разрыва выполнено условие Рэлея–Тейлора $[dp/dN] < 0$ на знак скачка производной давления по направлению нормали к разрыву. Этот результат является первым результатом, доказывающим реальное существование

таких сильных разрывов в решениях уравнений МГД идеальной сжимаемой жидкости. (ИМ СО РАН, д.ф.-м.н. Ю.Л. Трахинин совместно с А. Морандо и П. Требески (Университет Брешиа, Италия))

Публикации:

1. A.Morando, Y.Trakhinin, P.Trebesch. Well-posedness of the linearized problem for MHD contact discontinuities // Journal of differential equations. 2015. V. 258. № 7. P. 2531–2571.

2. A.Morando, Y.Trakhinin, P.Trebesch. Local existence of MHD contact discontinuities // Archive for rational mechanics and analysis. 2018. V. 228. № 2. P. 691–742.

4. Метод магнитной диагностики тела человека

Создан новый метод функциональной диагностики человеческого тела по его магнитному полю. Метод преобразует данные измерений магнитного поля в трехмерный массив электрической функциональной структуры тела человека (рис. 3). Области применения: диагностика центральной и периферийной нервной системы, включая рецепторы боли; диагностика опухолей мозга и других функциональных нарушений; диагностика сердечной системы; диагностика мышечной системы. (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, д.ф.-м.н. М.Н. Устинин)

Публикации:

1. М.Н.Устинин, Ю.В.Масленников, С.Д.Рыкунов, В.А.Крымов. Реконструкция функциональной структуры сердца человека по малокаанальной магнитной кардиограмме // Математическая биология и биоинформатика. 2018. Т. 13. № 2. С. 392–401.

2. М.Н.Устинин, С.Д.Рыкунов, А.И.Бойко, О.А.Маслова, К.Д. Волтон, Р.Р. Линас. Оценка направлений элементарных источников альфа-ритма методом функциональной томографии мозга человека по данным магнитной энцефалографии // Математическая биология и биоинформатика. 2018. V. 13. № 2. С. 426–436.

3. М.Н.Устинин, С.Д.Рыкунов, М.А.Поликарпов, А.Ю.Юренин, С.П.Наурзаков, А.П.Гребенкин, В.Я.Панченко. Реконструкция функциональной структуры кисти руки человека по магнитной миограмме // Математическая биология и биоинформатика. 2018. V. 13. № 2. С. 480–489.

5. Моделирование геофильтрационных процессов с приложением к оценке безопасности захоронений радиоактивных отходов

Разработан инновационный импортозамещающий расчетный код GeRa, предназначенный для параллельного трехмерного геофильтрационного и геомиграционного моделирования на неструктурированных многогранных сетках, что является современной тенденцией в развитии гидрогеологических кодов (рис. 4).

Он применим для решения следующих практических задач в сложных природно-техногенных условиях: 1) оценка долговременной радиационной и экологической безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов (РАО)

и других объектов использования атомной энергии; 2) защита подземных вод от загрязнений различной природы; 3) оценка запасов подземных вод; 4) обоснование и сопровождение систем мониторинга и реабилитации загрязненных территорий; 5) прогнозы подтопления и расчет дренажей.

К настоящему времени код GeRa аттестован Ростехнадзором для использования при обосновании безопасности объектов атомной энергии и передан по лицензионным соглашениям в ряд отраслевых организаций. Его использованию обучаются студенты Геологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова и МФТИ. GeRa применяется для решения прикладных задач по гидрогеологическому моделированию полигона захоронения жидких радиоактивных отходов «Северный» (г. Железнодорожный) и проектируемого пункта захоронения высокоактивных РАО в Нижнеканском массиве (Красноярский край), пунктов приповерхностного захоронения РАО (ИБМ РАН, ИБРАЭ РАН, чл.-к. РАН Ю.В.Василевский).

Публикации:

1. Ф.В.Григорьев, А.В.Плёткин, И.В.Капырин. О необходимости учета конструкции пункта глубинного захоронения РАО при моделировании поступления радионуклидов в дальнюю зону // Радиоактивные отходы. 2018. №3(4). С.95–101.

2. И.В.Капырин, И.Н.Коньшин, Г.В.Копытов, В.К.Крамаренко. Параллельные вычисления в гидрогеологическом расчетном коде GeRa: организация и эффективность // Вычислительные методы и программирование. 2018. Т. 19. С. 356–367.

3. D.V.Anuprienko, I.V.Kapyrin. Modeling groundwater flow in unconfined conditions: numerical model and solvers' efficiency // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2018. V. 39. №7. P. 867–873.

4. Ф.В.Григорьев, И.В.Капырин, Ю.В.Василевский Моделирование тепловой конвекции в пористых средах с учетом объемного тепловыделения в коде GeRa // Чебышевский сборник. 2017. Т. 18. Вып. 3. С. 161–179.

5. I.Konshin, I.Kapyrin. Scalable Computations of GeRa Code on the Base of Software Platform INMOST. Lecture notes in computer science. 2017. V. 10421. Malyshev (Ed.): PaCT 2017. P. 433–445. 2017.

6. И.В.Капырин, В.В.Сускин, А.В.Расторгуев, К.Д.Никитин. Верификация моделей ненасыщенной фильтрации и переноса в зоне аэрации на примере расчетного кода GeRa // Вопросы атомной науки и техники, серия «Математическое моделирование физических процессов». 2017. №1. С. 60–75.

7. A.Chernyshenko, M.Olshanskii, Yu.Vassilevski. A hybrid finite volume – finite element method for bulk–surface coupled problems. J.Comp.Phys. V. 352. 516–533. 2018.

6. Новые методы анализа сверхбольших графов и технология анализа социальных медиа

В работе получены фундаментальные результаты в области анализа сверхбольших графов, состоящих из миллиардов узлов и сотен миллиардов ребер.

Разработан распределенный алгоритм вычисления векторных представлений вершин в сложных сетях (complex networks), не имеющий аналогов в мире. Разработанный алгоритм применен к анализу социальных медиа. На его основе созданы методы для проверки достоверности информации в профилях пользователей, включая обнаружение искусственных аккаунтов.

Разработаны методы выявления объектов интереса в сообщениях пользователей в условиях разнородного контента (текст, сообщения, аудио, видео) и неформального языка общения с высокой скоростью изменения (сленг, сокращения, отсылка к внешнему контексту и др.). Соответствующие методы реализованы в программной технологии анализа социальных медиа Talisman, разработанной в ИСП РАН. Технология Talisman внедрена при реализации ряда конкретных проектов совместно с промышленными партнерами (рис. 5). (ИСП РАН, чл.-к. РАН А.И. Аветисов)

Публикации:

1. Skorniakov Kirill, Turdakov Denis, and Zhabotinsky Andrey. Make social networks clean again: Graph embedding and stacking classifiers for bot detection. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Rumours and Deception in Social Media. Turin, Italy, 2018.

2. A. K. Yatskov, M. I. Varlamov, and D. Yu Turdakov. Extraction of data from mass media web sites // Programming and Computer Software. 2018. V. 44. №5. P. 344–352.

7. Модель движение и разрушения метеорных тел в атмосфере Земли

На основе численных и аналитических подходов создана комплексная физико-математическая модель, рассматривающая движение и разрушение метеорных тел в атмосфере Земли.

Исследуется процесс фрагментации тел в рамках модели последовательного дробления. Параметры аэробаллистики метеорных тел и их фрагментов рассчитываются с учетом сложного характера разрушения под воздействием тепловых и силовых нагрузок и совместного обтекания системы тел (осколков метеороидов) при проявлении фактора интерференции (рис. 6). Разработанная комплексная модель имитирует эти многоуровневые взаимосвязанные процессы с учетом завершающего множественного «взрыва», присущего движущимся в атмосфере телам на стадии после их фрагментации (рис. 7). Сравнение полученных результатов с данными наблюдений показало хорошую корреляцию по основным характеристикам. Исследование проведено в целях разрешения одного из актуальных аспектов проблемы астероидно-кометной опасности – процессов взаимодействия метеорных тел с атмосферой Земли. (ИАП РАН)

Публикации:

1. В.А. Андрущенко, В.Т. Лукашенко, Ф.А. Максимов, И.В. Мурашкин, Н.Г. Сызранова, Ю.Д. Шевелев. Комплексное математическое исследование падения болидов в атмосфере с завершающим множественным взрывом // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2018. Т.58. №8. С. 97–112.

2. В.А. Андрущенко, Ф.А. Максимов, Н.Г. Сызранова. Моделирование полета и разрушения болида Бенешов // Компьютерные исследования и моделирование. 2018. Т.10. № 5. С. 605–618.

8. Построение математической модели земной коры по данным метода приемной функции и ее верификация с применением математического моделирования и методов активной сейсмологии

Построена существенно неоднородная 2D скоростная модель земной коры южного Прибайкалья по данным метода приемной функции с выделением в коде Р-волны обменных поперечных волн на основе двумерной сплайновой аппроксимации данных эксперимента PASSCAL (рис. 8).

Разработаны параллельные алгоритмы и программы на основе конечно-разностных методов с реализацией на кластере НКС-30Т Сибирского суперкомпьютерного центра и проведено математическое моделирование полного вибросейсмического поля. Впервые получены теоретические (синтетические) сейсмограммы для разработанной модели эксперимента PASSCAL на профиле Байкал-Улан-Батор, которые показали преобладание в волновом поле прямых и рассеянных волн в отличие от отраженных, преломленных и головных волн для известных слоистых моделей земной коры. Показано хорошее согласование теоретических сейсмограмм с реально регистрируемыми сейсмограммами, полученными методами активной сейсмологии, и вибросейсмическими данными, полученными ИВМиМГ СО РАН и ГИН СО РАН в Байкальском регионе. (ИВМиМГ СО РАН, Ковалевский В.В., д.т.н., Караваев Д.А. к.ф.-м.н., Брагинская Л.П. Григорюк А.П.)

Публикации:

1. В. В. Ковалевский, А. Г. Фатьянов, Д. А. Караваев, А. В. Терехов, Л. П. Брагинская, А. П. Григорюк. Математическое моделирование и экспериментальные исследования вибросейсмических волновых полей в Южном Прибайкалье. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр., 23–27 апреля 2018 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов в 2 т. Новосибирск: СГУГиТ, 2018. Т.2. С. 26–36.

2. Karavaev D.A., Kovalevsky V.V. A technique for large-scale 2D seismic field simulations on supercomputers. // Proceedings of 14-th International Scientifictechnical Conference On Actual Problems Of Electronic Instrument Engineering (APEIE–2018) – 44894. V. 1, Part 4. Novosibirsk, 2018. P. 110–114.

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

Важные события, произошедшие недавно в области физических наук, когда впервые были зарегистрированы гравитационные волны и синтезированы новые сверхтяжелые элементы, дали мощный толчок дальнейшему развитию

самых разных направлений исследований: от процессов, имеющих чисто квантовую природу, до явлений в масштабах Вселенной.

Научные результаты в области физических наук, полученные в России, отражают мировые тенденции. При этом, по-прежнему, наиболее значимые открытия на современном этапе развития физики происходят при широком сотрудничестве в рамках совместных проектов или коллабораций (эксперименты CMS, Belle, Fermi, проект «Радиоастрон», Центр Квантовых технологий при МГУ имени М.В.Ломоносова, РСДБ-эксперимент для проверки общей теории относительности).

По направлениям 8 «Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости» и 9 «Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены, другие наноматериалы, а также метаматериалы» важные результаты получены по разработке новых материалов и технологий для фотоники, включая терагерцевую, и биомедицинских приложений, по исследованию различных форм углерода и наноматериалов на его основе. Кроме того, исследования стимулировались запросами со стороны российской энергетики, электроники, биомедицины, промышленной индустрии. Так для применений в спинтронике созданы инжекторы и детекторы спинов, спиновые транзисторы, магнитооптические преобразователи, устройства на основе мультиферроиков. Премией Правительства РФ отмечен вклад ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН в разработку и промышленное внедрение технологии высокоэффективных кремниевых солнечных модулей и создание новой подотрасли энергетики страны – солнечной энергетики.

С учетом перспектив перехода к созданию «умных» материалов со специальными электронными, оптическими и магнитными свойствами, не существующими в природе, интерес к метаматериалам и сложным наноструктурированным и наноразмерным структурам стал настоящим трендом. Создаются различные твердотельные варианты кубитов и устройств квантового кодирования и квантовой криптографии, разрабатываются источники рентгеновского излучения для литографии следующего поколения.

Этап исследований в области спинтроники характеризуется бурным прогрессом металлической наноспинтроники. Ее особенностью является переход от фундаментальных исследований спин-зависящих явлений в магнитных наноструктурах к практическому использованию спиновых клапанов различной геометрии в качестве основных компонентов элементной базы спинтронных приборов и устройств для магнитной сенсорики, а также систем обработки и хранения числовой информации. Ожидается, что одним из трендов развития спинтроники в ближайшие годы станет «антиферромагнитная спинтроника» на основе наногетероструктур, содержащих антиферромагнитные проводящие слои (вместо традиционно используемых ферромагнитных).

Возможность электрической манипуляции спином электрона открывает широкие перспективы для приложений будущей полупроводниковой спинтроники, включая создание инжекторов и детекторов спина, а также спиновых

полевых транзисторов. Среди контролируемых механизмов электрического управления спиновой поляризацией в квантовых точечных контактах (КТК) можно отдельно выделить механизм латерального спин-орбитального взаимодействия. Этот механизм, напоминающий эффект Рашбы, возникает при приложении латерального электрического поля поперёк канала КТК. Большинство экспериментальных наблюдений спиновой поляризации, обусловленной латеральным электрическим полем, было сделано в КТК на основе InAs. Этому материалу свойственно сильное спин-орбитальное взаимодействие. Для практических приложений перспективной является КТК на основе GaAs, вследствие большей длины спиновой когерентности в этом материале.

В ближайшие годы в области физики экстремального состояния конденсированных сред «горячими» темами исследований, вероятно, следует ожидать:

- исследования веществ в мультимегабарном диапазоне и поиск новых экзотических явлений - металлизация водорода (и других молекулярных веществ); получение новых гидридов с высокотемпературной (комнатной) сверхпроводимостью; «обратный» переход металл – диэлектрик в простых металлах при сверхвысоких давлениях; получение соединений с нетрадиционной стехиометрией («новая» химия) при сверхвысоких давлениях;

- исследования сильно-коррелированных систем и квантовых фазовых переходов в условиях сильного сжатия или в сильных магнитных полях; обнаружение и изучение новых типов фазовых переходов и новых типов квазичастиц в таких системах; нестандартная сверхпроводимость и необычные магнитные структуры вблизи квантовых фазовых переходов;

- исследование неупорядоченных сред (жидкости, стекла, сверхкритические флюиды) и низкоразмерных систем в условиях сильного сжатия, открытие и изучение новых типов фазовых превращений.

В области физики низких температур актуальными представляются исследования макроскопических квантовых явлений, таких как нетривиальные сверхпроводимость, сверхтекучесть и низкотемпературный магнетизм.

Продолжится деятельность по разработке физических и технологических основ для создания элементов квантового компьютера и квантовой связи, как с использованием сверхпроводящих и магнитных структур при сверхнизких температурах, так и нанооптических элементов фотоники, работающих при нормальной температуре.

Заметно выделяется тренд создания комбинированных (полупроводниковых, металлических, диэлектрических и магнитных) наноструктур и метаматериалов, обладающих принципиально новыми свойствами и характеристиками, которые лягут в основу будущего поколения электронных, оптоэлектронных и магнитных приборов и систем на их основе. Сохраняется большой интерес к гибридным гетероструктурам: ферромагнетик/полупроводник, сверхпроводник/полупроводник, органика/неорганика. В этих материалах, в частности, существенны эффекты взаимного влияния слоев, т.н. «эффекты близости», и они перспективны для создания новых функциональных устройств.

Продолжатся исследования различных эффектов близости, поверхностные гибридные поляритонные состояния, топологические дефекты, например фермионы Майораны и др., будут разрабатываться методы сверхбыстрого переключения намагниченности и соответствующие материалы для их реализации. Будут вестись теоретические и экспериментальные исследования процессов сверхбыстрого переключения намагниченности (включая оптическое переключение) в гибридных ферромагнитных структурах, результаты которых помогут продвинуться в создании принципиально новых вычислительных устройств.

Продолжатся теоретическое и экспериментальное исследование корреляционных явлений (включая кулоновские и спиновые корреляции) в области таких классических проблем, как переход металл-изолятор и прыжковый транспорт. Будут вестись теоретические и экспериментальные исследования процессов дефазировки в макроскопических квантовых системах на основе сверхпроводящих интерферометров (сквидов) с целью усовершенствования существующих моделей квантового компьютера, поскольку именно процессы дефазировки ограничивают возможности соответствующих устройств. Продолжатся исследования магнитных скирмионных состояний в наноразмерных структурах с ближайшей перспективой применения в виде радиационно-стойкой магнитной памяти сверхбольшой плотности.

Следует ожидать работ в направлениях исследования спинового эффекта Холла, генерации спиновых волн, их детектирования, распространения и взаимодействия с электронами в наноразмерных магнитных структурах. Цель – создание задела по разработке спинволновых приборов на наноразмерных магнитных пленках (фильтров, линий задержки), спиновых полевых транзисторов, миниатюрных (наноразмерных) генераторов спиновых волн СВЧ-диапазона.

Один из важных трендов – интегрирование широкого круга наноструктурированных систем на платформе кремниевых технологий. В их числе: селективная гетероэпитаксия, инженерия упруго напряженных областей для деформационно-индуцированного управления функциональными характеристиками формируемых систем, полупроводниковых приборов и схем. Будет также развиваться интегрированная на основе кремния фотоника. Интеграция совместимых с кремнием материалов с материалами плазмоники обещает реализовать возможность монолитного изготовления элементов нанофотоники и наноэлектроники для увеличения быстродействия передачи данных в информационно-вычислительных системах.

Лазерная физика является одним из ключевым направлений развития науки и техники, связанным с возможностью решения многих проблем, стоящих перед человечеством. Исследования процессов во Вселенной, изучение живых организмов, информационное обеспечение, промышленное производство, здравоохранение, энергетика, обеспечение безопасности – во всех этих областях наблюдается стремительный рост использования результатов исследований по направлению 10 «Актуальные проблемы оптики и лазерной физики, в том числе достижение предельных концентраций мощности и энергии во времени, пространстве и спектральном диапазоне, освоение новых диапазо-

нов спектра, спектроскопия сверхвысокого разрешения и стандарты частоты, прецизионные оптические измерения, проблемы квантовой и атомной оптики, взаимодействие излучения с веществом».

В широком спектре исследований от астрофизики до обеспечения безопасности используется метод спектроскопии. Поэтому растет потребность в освоении новых диапазонов спектра.

Работы по созданию генераторов излучения в интервалах спектрального диапазона от глубокого УФ до ТГц-области ведут ИОФ РАН, ФИАН, ИПФ РАН, ИСАН, ИЛФ СО РАН, ИФП СО РАН, ИАиЭ СО РАН. Твердотельный Fe:ZnSe лазер для излучения в среднем ИК-диапазоне ($\lambda = 4,38$ мкм), работающий при комнатной температуре, стал заметным достижением прошедшего года. Другое направление расширения диапазона генерируемых длин волн связано с использованием свойств оптических волокон. Так в НЦВО РАН создан рамановский волоконный газовый лазер среднего ИК-диапазона на длине волны $\lambda = 4,4$ мкм с рекордной средней выходной мощностью 1,4 Вт. А ИПФ РАН и ИХВВ РАН впервые продемонстрировали двухдиапазонный широкополосный усилитель и непрерывный двухцветный лазер на длинах волн $\lambda = 1,9$ мкм и $\lambda = 2,3$ мкм на основе теллуридных световодов, легированных ионами тулия.

Для генерации жесткого УФ-излучения и создания излучателей больших мощностей для накачки параметрических усилителей разрабатываются материалы оптической лазерной керамики. Причем цели проектов направлены на создание широкоапертурных нелинейно-оптических кристаллов и элементов для преобразования частоты сверхмощного оптического излучения. Кристаллы наряду с высокими прочностными характеристиками и низкими оптическими потерями должны обладать большой апертурой. Созданы технологии получения оксидных (на основе Nd:YAG и Cr:YAG) и фторидных (CaF₂-YF₃, CaF₂-SrF₂-RF₃) керамик. Для керамики на основе YAG технология позволяет в едином керамическом процессе создавать композитные керамические элементы, включающие активную среду и пассивный затвор (ИОФ РАН, ФИАН). В ИЭФ УрО РАН ведутся работы по созданию компактов для спекания оптической керамики.

В связи с ростом спроса на спектрофотометрические исследования, кроме расширения спектрального диапазона, высокие требования предъявляются к разрешению спектральных инструментов. Институты ФИАН, ИСАН, КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН, ИФМК УНЦ РАН, ИОА СО РАН, ИАиЭ СО РАН проводят исследования в области высокоразрешающей спектроскопии. В ИСАН получены спектры возбуждения бесфононных линий флуоресценции и спектральные траектории одиночных молекул металл-порфирина в аморфном полиизобутилене при криогенных температурах ($T = 6^\circ\text{K}$). В ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН создан метод селективного резонансного усиления интенсивности сигнала на колебаниях отдельных молекул нуклеотидов, содержащих квантовые точки (на основе кремния), позволяющий исследовать структурную организацию и дизайн нанобиоматериалов, важных для биофотоники. Для дистанционного зондирования объектов экономической инфраструктуры в ИОФ РАН разрабо-

тан бортовой дистанционный газоанализатор метана для размещения на легком БПЛА с детектирующей способностью 100 ppm на дальности 100 м на длине волны 1,65 мкм.

Исследования взаимодействия излучения с веществом приводят к обнаружению новых эффектов. Например, установлено, что процесс лазерного пробы коллоидных растворов наночастиц сопровождается диссоциацией молекул воды, продуктами которой являются H_2 , O_2 и H_2O_2 . Экспериментально показано, что многоступенчатое лазерное облучение коллоидных растворов наночастиц с солями изотопа европия-152 уменьшает концентрацию этого нуклида (ИОФ РАН). А в ИАПУ ДВО РАН обнаружено, что при воздействии лазерного излучения ближнего ИК-диапазона ($\lambda = 0,97$ и $\lambda = 1,47$ мкм) на биологические ткани возникает эффект вспенивания раствора денатурированных белков крови, что ведет к остановке кровотечения – гемостазу (эффект позволит разработать новые технологии хирургических манипуляций). В ИФП СО РАН ведут поиск условий выполнения квантовых операций с ридберговскими атомами рубидия с помощью взаимодействия со структурированными средами интенсивного лазерного излучения и пучков заряженных частиц. Для реализации квантовых вычислений КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН совместно с КФУ и КНИТУ-КАИ в системе связанных кольцевых микрорезонаторов создает интегральные однофотонные источники для реализации квантовых вычислений. Анализ результатов лазерных наблюдений ИОФ РАН за вариациями концентрации приземного озона над территорией РФ с 2008 по 2018 годы позволил впервые продемонстрировать рост содержания тропосферного озона и влияние этого эффекта на человека и экосистемы. Большую базу данных мониторинга атмосферы ежегодно пополняют результаты лидарных исследований ИОА СО РАН.

Все эти эффекты затем реализуются в технологиях медицины, радиационной безопасности, агрохозяйствования, коммуникационном обеспечении. Поэтому результаты, полученные по направлению 11. «Фундаментальные основы лазерных технологий, включая обработку и модификацию материалов, оптическую информатику, связь, навигацию и медицину» очень быстро внедряются в практику.

Для медицины актуально использование антибактериальных материалов, и эффект, обнаруженный в ФИАН при воздействии лазерного излучения на кремниевые подложки, будет крайне полезен.

Наблюдается стремительный рост числа технологий, представляющих экономический интерес для практического применения в других отраслях хозяйствования. Теперь мир переходит к цифровым технологиям. Для обеспечения связи крайне важны компактные оптические стандарты частоты. Исследования, связанные с созданием высокостабильных источников и передач ультрастабильных сигналов для сличения оптических часов, ведут ИЛФ СО РАН и ФИАН (получена относительная нестабильность $2 \cdot 10^{-19}$ на интервале времени 1000 с). С развитие оптических и фотонных технологий связаны разработки голографических и оптоэлектронных методов регистрации, обработки и передачи информации (ИАиЭ СО РАН, ИРЭ РАН, КТИ НП СО РАН, ИАПУ ДВО РАН).

Для увеличения дальности и скорости передачи сигнала в ИЦВО РАН совместно с ИХВВ РАН и компанией OFS Lab создан широкополосный волоконный висмутовый усилитель на $\lambda = 1,3$ мкм. Впервые продемонстрирована одновременная передача оптических сигналов с общей скоростью передачи 425 Гб/с (8 каналов в диапазоне 1272–1310 нм, замодулированных на скорости 53 Гб/с каждый в формате PAM4) по волоконному световоду длиной 55 км, а также 212 Гб/с (4 канала в диапазоне 1295–1310 нм, замодулированных на скорости 53 Гб/с каждый в формате PAM4) по волоконному световоду длиной 85 км (уровень ошибок (BER) в пределах лимита коррекции ошибок при использовании кодировки KP4-FEC).

Ввиду того, что волоконно-оптические устройства обладают устойчивостью к жестким условиям работы и высокой радиационной стойкостью, они находят применение в качестве датчиков физических величин (ИАиЭ СО РАН, НГУ, ИРЭ РАН). Уникальные волоконно-оптические датчики на основе брэгговских решеток для детектирования деформации топливных каналов атомного реактора с возможностью проведения измерений в активной зоне реактора созданы в ИРЭ РАН.

В фокусе исследований на долгие годы сохранится интерес к научным работам в области создания высокочувствительных оптических методов обнаружения и исследования гравитационных волн, а также прецизионного измерения физических констант.

В ближайшие годы будут продолжены научные работы в области создания:

- компактных оптических стандартов частоты для систем глобальной и космической навигации, связи;
- по расширению диапазона излучения лазеров и усилителей нового поколения: от среднего рентгеновского излучения (0,1–1 нм) до ТГц-диапазона;
- волоконно-оптических линий связи с пропусканием несколько петабит/с и оптических носителей информации;
- новых технологий и устройств обработки и хранения информации в решении конкретных задач квантовой криптографии, спектроскопии, лидарных исследований;
- элементов для нового поколения компьютерной оптоэлектроники, в том числе микро- и нанолазеров на основе множественных квантовых ям, перестраиваемых устройств плазмоники;
- технологий оптической лазерной керамики для получения активных сред, не существующих в природе в виде монокристаллов, с большими апертурами (до десятков сантиметров), что должно привести к продвижению лазеров в область больших мощностей и генерации жесткого УФ-излучения для аттосекундной физики и техники для спецприменений.

По-прежнему большой интерес будут вызывать исследования фундаментальных проблем взаимодействия лазерного излучения со средами разной природы. Это связано не только с желанием получить материалы с новыми заданными функциональными свойствами. Со стороны общества растет потребность в новых неинвазивных методах диагностики и лечения социально

значимых заболеваний. Этими свойствами обладают оптические методы и аппаратура навигации. Развивается тераностика. Со стороны сектора агрохозяи- ствования появляется интерес к новым фотонным методам повышения продук- тивности за счет угнетения роста патогенных организмов.

В направлении 12 «Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических мето- дов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений» в России развиваются новые перспективные направления исследований: общая теория самовоздействия волн используется для описания поведения различных физических систем: электромагнитных волн в диэлектриках, жидкостях, газах и плазме, поверхностных и внутренних волн в океане. От понимания природы хаоса в большой степени зависит прогресс в исследовании других фундамен- тальных нелинейных явлений – турбулентности, автоколебаний, автоволн, ко- герентных структур и пр. В этой области работы ведутся в ФИАН, ИПФ РАН, ИФТТ РАН, ИОФ РАН, ИОА СО РАН, ИЗМИРАН, ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН.

По направлению 13 «Фундаментальные проблемы физической электро- ники, в том числе разработка методов генерации, приема и преобразования электромагнитных волн с помощью твердотельных и вакуумных устройств, акустоэлектроника, релятивистская СВЧ-электроника больших мощностей, физика мощных пучков заряженных частиц» систематические исследования выполнялись в рамках Программ фундаментальных исследований Президиума РАН, государственных заданий и грантов научных фондов, полученных кол- лективами подразделений ряда ведущих институтов РАН. Часть работ обеспе- чивалась научно-методическим руководством Научным советом РАН «Реляти- вистская и сильноточная электроника».

Основные задачи исследований связаны с генерацией интенсивных потоков ускоренных частиц и электромагнитного излучения микроволнового и близ- лежащих диапазонов частот – от когерентного до сверхширокополосного и шумового; с длительностью от долей наносекунды до непрерывного; с мощно- стью, достигающей в верхнем пределе гигаватта и более.

Актуальность направления выполненных фундаментальных и прикладных исследований в целом связана с проблемами взаимодействия микроволнового излучения с плазмой: диагностика, нагрев (УТС), эффекты канализации. Пер- спективной является задача высокоградиентного ускорения заряженных частиц в сильных полях. Источники излучения различных диапазонов частот, мощно- стей и спектральных характеристик важны для задач тестирования электро- ники и изучения нетеплового воздействия на биологические структуры. По- следние аспекты принципиальны в связи с нарастающей экспансией цифровой техники и технологий, где требуется защита самих устройств и каналов связи от природных и искусственных помех, а персонал должен быть защищён от излучений. В 2018 году был получен ряд оригинальных результатов, которые соответствуют мировому уровню или превышают его.

Построена теоретическая модель фазо-индуцированной генерации реляти- вистской лампы обратной волны с учетом длительности и шумовых флукту-

аций плотности тока фронта пучка. Экспериментально продемонстрирована корреляция фазы затравочного и генерируемого радиоимпульсов диапазона 37 ГГц с разбросом до 0,5 радиан при соотношении мощностей –35 дБ. Подтверждена возможность создания фазированных решеток из релятивистских СВЧ-генераторов без жестких требований к стабильности и форме ускоряющего напряжения (ИПФ РАН; ИЭФ УрО РАН; ИСЭ СО РАН).

Продemonстрирована эффективность использования двумерно-периодических гофрированных систем для стабилизации азимутальной структуры излучения в мощных пространственно-развитых релятивистских черенковских генераторах поверхностной волны. При диаметре пространства взаимодействия около 5 длин волн получена узкополосная мультимегаваттная генерация на частоте 32,5 ГГц (ИПФ РАН).

Впервые достигнут КПД преобразования мощности гигаваттного релятивистского электронного пучка в миллиметровое излучение на уровне 45%. На длине волны 8 мм получены импульсы с мощностью до 800 МВт при длительности 3 нс на длине волны 4 мм – с мощностью до 100 МВт при длительности 1,3 нс (ИСЭ СО РАН; ИЭФ УрО РАН).

В области численного моделирования впервые продемонстрирована возможность высокоградиентного ускорения частиц с использованием релятивистских СВЧ генераторов на основе черенковского сверхизлучения сильноточных электронных сгустков, обеспечивающих гигаваттный уровень мощности в миллиметровом диапазоне длин волн. Темп набора энергии может достигать 550 МэВ/м, что в 5 раз превосходит величину, характерную для современных ускорителей с термокатодными клистродами диапазона 10 ГГц (ИПФ РАН).

Проведены эксперименты по взаимодействию мощного микроволнового импульса (0,5 ГВТ, 1 нс, 9,6 ГГц) с разреженным газом и предварительно создаваемой плазмой. Впервые зафиксирован ранее предполагаемый теоретически эффект формирования плазменного волновода и самофокусировки волнового пучка, что представляет интерес для задач распространения мощных волновых пучков в ионосфере Земли. (ИСЭ СО РАН в кооперации с «ТЕХНИОН» (Израиль)).

Показана возможность продвижения релятивистских гиротронов в область высоких частот при работе на высоких циклотронных гармониках: на основе термоэмиссионного ускорителя “Сатурн” с пучком 250 кэВ / 35 А / 1 мкс в гиротроне на второй циклотронной гармонике на моде TE_{11.2} получено излучение на длине волны 5,5 мм с мощностью около 2,5 МВт и КПД около 30% (ИПФ РАН).

Разработана новая конструкция полупроводникового элемента реверсивно-включаемых диносторов, имеющая существенно меньшее сопротивление каналов обратной проводимости по сравнению с обычной конструкцией и меньшее падение напряжения при протекании импульса обратного тока. Прибор перспективен для коммутации мощных знакопеременных импульсов тока (ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН).

Реализован твердотельный двухкаскадный компрессор энергии высоковольтного импульса на гиромангнитных нелинейных линиях с насыщенным ферритом. На выходе достигнута пиковая мощность ~ 30 ГВт при длительности импульса 0,65 нс и частоте следования до 1 кГц (ИЭФ УрО РАН). В трёхкаскадном компрессоре сформирован импульс минус 860 кВ с длительностью 120 пс и с фронтом 100 пс мощностью 15 ГВт. Оба устройства имеют рекордные параметры для всего класса субнаносекундных высоковольтных генераторов (ИЭФ УрО РАН; ИСЭ СО РАН).

Получен пикосекундный пучок убегающих электронов в воздухе с энергией до 1,4 МэВ. Электрическое поле более 500 кВ/см создавалась при рекордном темпе нарастании напряжения до 10 МВ/нс за время, сравнимое с временем ускорения частиц от катода до анода (ФИАН, ИЭФ УрО РАН).

Определены универсальные закономерности формирования пучков убегающих электронов с учетом неоднородного распределения электрического поля в газоразрядном промежутке. Получены параметры критических лавин убегающих электронов в условиях атмосферных грозových разрядов (ФИАН).

В экспериментах по импульсному сжатию дейтериевых лайнеров на тераваттном генераторе ГИТ-12 при токе ~ 3 МА получено рекордное число нейтронов: $(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^{13}$ частиц за импульс, что соответствует эффективности генерации $\sim 10^8$ нейтронов на один джоуль энергии, вложенной в плазму (ИСЭ СО РАН).

С помощью субмикросекундного эффекта двойных ускоряющих импульсов достигнута скорость нарастания тока электронного пучка до 55 кА/нс с графитового катода. Эффект связан с зарядовой нейтрализацией пучка в плазме, разлетающейся от катода в результате взрывной эмиссии и ударной ионизации остаточного газа (ФИАН, ИЭФ УрО РАН).

Исследовано усиление собственных шумов сильноточного релятивистского электронного пучка плазменным СВЧ усилителем вплоть до уровня 30 дБ. Полоса частот усилителя может перестраиваться от 2 до 3,5 ГГц за счёт изменения плотности плазмы. Энергия выходного СВЧ импульса с длительностью 200–300 нс достигает 15 Дж (ИОФ РАН).

Для анализа вакуумных предпробойных процессов в условиях воздействия радиочастотных электромагнитных полей разработана двухтемпературная (электроны и фононы) модель разогрева микроострия. Показано, что разогрев электронов в начальной стадии воздействия поля практически целиком определяется выделением тепла за счет эффекта Ноттингама. В дальнейшем рост температуры с течением времени усиливается уже за счет Джоулева разогрева. Время разогрева до критической температуры монотонно растет с уменьшением коэффициента усиления поля и слабо зависит от параметра, определяющего скорость релаксации электронной и фононной температур (ИОФ РАН; ФИАН).

Полученные результаты показывают, что в ближайшие годы и десятилетие целесообразна концентрация исследований на следующих направлениях:

- физика твердотельных элементов и устройств для формирования высоковольтных импульсов, генерации, усиления, преобразования и приема электромагнитных волн;

– генерация когерентного и широкополосного микроволнового излучения вакуумными и плазменными электронными источниками. Релятивистская и сильноточная электроника;

– источники мощных потоков нейтронов, убегающих электронов и сильноточных вакуумных пучков, в том числе, – импульсно-периодического действия.

Ниже приведён далеко не полный перечень ожидаемых результатов приоритетного и мирового уровня. Может быть достигнут субтераваттный уровень мощности импульсных источников с твердотельными системами коммутации и обострения высоковольтных импульсов; получение на этой основе электронных пучков и пикосекундных потоков релятивистских убегающих электронов с уникальными характеристиками. Вероятна демонстрация кратного увеличения темпа ускорения электронных сгустков в экстремальных полях ультракоротких микроволновых импульсов и получение новых данных о полевых (эмиссионных) ограничениях в электродинамических генераторных и ускоряющих структурах из различных материалов. Возможно продвижение релятивистских электронных генераторов в субтерагерцовый диапазон с повышением мощности излучения за счёт применения пространственно развитых структур с двумерной распределённой обратной связью и создания новых прототипов слабoreлятивистских гиротронов. Выраженное сочетание фундаментальной и практической направленности будут иметь работы по изучению нелинейных эффектов при циклировании центров взрывной электронной эмиссии на катоде, по возникновению гигантских волн при электронно-волновом взаимодействии в мощных СВЧ-источниках; исследования по формированию ударных электромагнитных волн и гиromaгнитного резонанса, приводящих к глубокой амплитудной модуляции высоковольтных импульсов в нелинейных передающих линиях с ферритовой средой. Такие импульсы питания перспективны для получения коротких фазированных радиоимпульсов, излучаемых антеннами ударного возбуждения. Важно, что количество суммируемых импульсов может быть большим.

Перечисленные перспективы могут быть актуализированы устойчивой кооперацией ряда ведущих институтов РАН. Принципиальным моментом является ориентация исследований на экспериментальную технику собственной разработки и изготовления; использование оригинальных теоретических моделей, методов расчёта и метрологических методик. Зависимость результативности от внешних факторов связана с финансированием изготовления установок, приобретения материалов и комплектации, а также с необходимостью использования (закупки) современной регистрирующей аппаратуры.

Во многом исследования по направлению 14 «Современные проблемы физики плазмы, включая физику высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза, физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы ее применения в технологических процессах» связаны с возможностью осуществления в будущем управляемого термоядерного синтеза в режиме самоподдерживающегося горения в установках с магнитным удержанием плазмы (ИЯФ СО РАН, ИПФ РАН). Продолжается разработка но-

вых схем ускорителей заряженных частиц успешность экспериментов определяется результатами ранее проведенного моделирования.

Главной задачей исследований удержания плазмы в ловушках открытого типа является физическое обоснование компактного термоядерного реактора, способного работать с альтернативными видами топлива, не содержащими радиоактивный тритий и имеющими неограниченные ресурсы добычи. Поэтому критически важно детально изучить механизмы теплопроводности плазмы вдоль силовых линий магнитного поля, которая существенно ограничивает энергоэффективность такой системы, а также определить условия, при которых потери могут быть подавлены до приемлемых уровней.

Впервые получены экспериментальные данные о влиянии давления нейтрального газа в расширителях на параметры плазмы в центральной ячейке газодинамической ловушки. Наличие газа в расширителях приводит к существенному охлаждению плазмы в ловушке при превышении критического значения плотности частиц 1015см^{-3} , что в 1000 раз больше ожидаемой величины. Проведены детальные измерения распределения плотности нейтрального газа, показывающие, что газ вытесняется из плазменной струи, вытекающей из ловушки, и его влияние на температуру электронов в центре существенно уменьшается.

Продолжаются исследования плазменных процессов в геофизике с помощью активных спутниковых экспериментов (ИКИ, ПГИ, ИЗМИРАН).

По направлению 15 «Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине» проводятся следующие фундаментальные исследования:

- развитие подходов к созданию квантовой теории гравитации, исследование фундаментальных свойств физического пространства-времени на предельно малых и предельно больших расстояниях, поиск пределов справедливости теории относительности и проявлений возможного существования дополнительных измерений пространства;

- разработка теории элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий: прецизионные вычисления свойств физических процессов в рамках Стандартной модели физики частиц, построение моделей, выходящих за рамки Стандартной модели и получение предсказаний для эксперимента;

- поиск и исследование новых элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий в экспериментах на Большом адронном коллайдере;

- исследование физики странных и тяжёлых кварков, в частности, CP-нарушения и физики экзотических адронов;

- изучение адронной материи при экстремальных давлениях и температурах, исследование кварк-глюонной среды и фазовых переходов в адронной материи;

– прецизионное измерение параметров нейтринных осцилляций, поиск в них эффектов CP-нарушения, прямое измерение массы нейтрино в диапазоне 0,1–0,3 эВ, поиск нарушения закона сохранения лептонных чисел в процессах с мюонами, выяснение майорановской или дираковской природы нейтрино;

– теоретические исследования проблемы происхождения «темной энергии» и ускоренного расширения поздней Вселенной, проблемы барионной асимметрии Вселенной и механизмов ее генерации в процессе эволюции;

– поиск частиц темной материи, существующей во Вселенной, в прецизионных и низкофоновых экспериментах и на коллайдерах;

– исследование острова стабильности сверхтяжелых элементов;

– исследование экзотических ядер;

– выяснение природы космических лучей высоких и сверхвысоких энергий, обнаружение их источников, исследование механизмов их генерации, поиск антиматерии в составе космического излучения;

– в области создания ядерно-физических комплексов – создание нового e^+e^- -коллайдера с рекордной светимостью – чарм-тау фабрики в Новосибирске, модернизация сильноточного линейного ускорителя протонов в Троицке, получение мегаваттной мощности в пучке, разработка проблем физики и техники ускорения заряженных частиц на основе новых методов и создание новых перспективных ядерно-физических технологий в интересах экологически безопасной ядерной энергетики, ядерно-физической медицины, здравоохранения и других отраслей.

При этом получены следующие результаты мирового уровня:

– на созданной в НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ экспериментальной установке «Большая гравитационная ловушка», которая в настоящее время размещается на пучке ультрахолодных нейтронов реактора ИЛЛ (г. Гренобль, Франция), получено новое значение величины времени жизни нейтрона $\tau_n = (881,5 \pm 0,7_{\text{stat}} \pm 0,6_{\text{syst}})$ с, находящееся в хорошем согласии со среднемировым значением $880,2 \pm 1,0$ с, представленным в Particle Data Group (НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ);

– в эксперименте КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М проведено прецизионное измерение отношения сечений электрон-позитронной аннигиляции в адроны и мюоны (R) в двадцати двух точках в диапазоне энергий в системе центра масс от 1,84 до 3,72 ГэВ. В настоящее время это наиболее точное измерение величины R для данной области энергии. Величина R является одной из ключевых характеристик, используемых при проверке Стандартной модели (ИЯФ СО РАН, НГУ);

– международной коллаборацией SuperFRS (GSI, Дармштадт, Германия) с участием российских специалистов проведен пилотный эксперимент на установке EXPERT, создаваемой при доминирующем вкладе российских специалистов. В этом эксперименте были, в частности, открыты новые изотопы $^{30,29,28}\text{C1}$ и $^{30,29}\text{Ag}$, находящиеся за границей протонной стабильности. Нужно отметить, что изотоп $^{28}\text{C1}$ находится на рекордном удалении от границы протонной стабильности (три массовых единицы) (ОИЯИ);

– международная коллаборация «Vogexino» (Гран-Сассо, Италия) с участием российских специалистов представила результаты наиболее полного и точного на сегодняшний день анализа потоков солнечных нейтрино. Данные подтверждают наличие предсказываемого механизмом Михеева-Смирнова-Вольфенштейна перехода между «вакуумным» режимом осцилляций и осцилляциями в веществе. Представленные данные хорошо согласуются с моделью Солнца с высокой металличностью (ОИЯИ, НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ, НИЦ «Курчатовский институт», НИИЯФ МГУ, НИЯУ МИФИ);

– развернут и введен в эксплуатацию на оз. Байкал третий кластер нейтринного телескопа Baikal-GVD. С его вводом эффективный объем телескопа Baikal-GVD достиг значения $0,15 \text{ км}^3$, что уже составляет около 0,4 от эффективного объема IceCube. Выполнен анализ данных 2017 года, позволивший получить верхние ограничения на поток нейтрино высоких энергий от события GW170817, зарегистрированного детекторами гравитационных волн (ИЯИ РАН, ОИЯИ);

– в космическом эксперименте НУКЛОН собран наиболее полный банк данных об энергетических спектрах и зарядовом составе галактических космических лучей высоких и сверхвысоких энергий, вплоть до энергий 1015 эВ. Наиболее неожиданным результатом является наличие убедительных доказательств существования нового универсального «колена» в спектре космических лучей, которое наблюдается во всех группах ядер, включая тяжелые, вблизи магнитной жесткости около 10 ТВ (НИИЯФ МГУ, ОИЯИ, НИЯУ МИФИ);

– представлен энергетический спектр, объединенный по данным черенковских установок Тунка-133 и TAIGA-HiSCORE, который охватывает диапазон 2 1014–2 1018 эВ и демонстрирует на нижнем пороге хорошее согласие с результатами прямых спутниковых и баллонных экспериментов, а на предельно высоких энергиях согласие в пределах статистических ошибок с результатами крупномасштабных установок Telescope Array и PАО по изучению широких атмосферных ливней (НИИЯФ МГУ, ИГУ, ОИЯИ, НИЯУ МИФИ);

– завершено создание первой очереди фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ), включая новый ускоритель тяжелых ионов – циклотрон ДЦ-280. Цель создания фабрики — синтез новых СТЭ с $Z = 119$ и 120 и дальнейшее изучение свойств СТЭ, ранее открытых в ОИЯИ (114Fl, 115Mc, 116Lv, 117Ts, 118Og). Первые эксперименты запланированы на апрель-май 2019 года (ОИЯИ);

– осуществлен запуск установки электронного охлаждения для комплекса НИКА на энергии инжекции. Система электронного охлаждения предназначена для накопления пучка ионов и для его охлаждения после ускорения до промежуточной энергии (ИЯФ СО РАН, ОИЯИ);

– представлен экспериментальный результат по квазиизэнтропической сжимаемости сильно-неидеальной плазмы дейтерия, сжатой до рекордной плотности $\rho \approx 14 \text{ г/см}^3$ экстремальным давлением $P \sim 185$ миллионов атмосфер в экспериментальном устройстве сферической геометрии. Впервые в научном эксперименте в качестве дополнительного источника использован линейный индукционный ускоритель с энергией электронов 12 МэВ. В результате, в ла-

бораторном эксперименте достигнуто состояние с плотностью и давлением, превышающими предполагаемые параметры в планетах-гигантах Солнечной системы – Юпитере и Сатурне (РФЯЦ – ВНИИЭФ);

– международной коллаборацией AWAKE в ЦЕРНе с участием российских специалистов продемонстрирована возможность ускорения электронов плазменной кильватерной волной, создаваемой самомодулирующимся протонным пучком. При инжекции в кильватерную волну электронов с энергией 19 МэВ, на выходе из 10-метровой плазменной секции регистрируется сгусток ускоренных электронов с энергией до 2 ГэВ (ИЯФ СО РАН).

По направлению 16 «Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, исследование экзопланет и поиски внеземных цивилизаций, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач» были получены уникальные результаты:

– открытие гравитационных волн сильно изменило астрономию как наблюдательную науку. Она стала не просто всеволновой (т.е. наукой, нацеленной на изучение Вселенной по наблюдениям во всех диапазонах электромагнитного спектра), но и многоканальной. Помимо электромагнитного и нейтринного каналов, окончательно «открылся» канал гравитационных волн. Первая регистрация гравитационных волн была выполнена еще в 2016 году, это достижение заслужило высокую оценку научного сообщества – Нобелевскую премию. В 2017 году с помощью анализа результатов наблюдений за событиями, сопровождающими излучение гравитационных волн, было доказано, что это событие не редчайший счастливый случай, а вполне интенсивный канал получения ценнейшей информации о природе Вселенной. 17 августа 2017 года впервые наблюдались гравитационно-волновой и электромагнитный сигналы, рождённые во время слияния нейтронных звёзд в двойной системе, находящихся в галактике NGC 4993 на расстоянии около 40 Мпк. События были практически одновременно зарегистрированы детекторами эксперимента LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) и космическими обсерваториями ИНТЕГРАЛ и Fermi. Сравнение времен прихода гравитационного и электромагнитного сигналов (запаздывание $\sim 1,7$ сек) позволило установить, что скорость распространения гравитационных волн с высокой точностью совпадает со скоростью света. Кроме того, были почти на два порядка улучшены ограничения, накладываемые на принцип эквивалентности. Результаты измерений энергетических характеристик электромагнитного сигнала и оптических наблюдений свидетельствуют, что слияние нейтронных звезд вызвало вспышку так называемой килоновой. К настоящему времени два детектора коллаборации LIGO и европейский детектор гравитационных волн Virgo достоверно обнаружили гравитационные волны от 10 событий, вызванных слиянием черных дыр и от одного, вызванного слиянием нейтронных звезд. В исследовании при-

нимали участие два научных коллектива из России, один из которых работает на базе физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, а второй – в Институте прикладной физики РАН;

- закончил успешную 7 летнюю работу гигантский радиоинтерферометр «космос-Земля» с базой до 20 диаметров Земли, в котором достигнуто рекордное в астрономии угловое разрешение лучше 8 микросекунд дуги. Инструмент реализован в рамках международного проекта СПЕКТР-Р («Радиоастрон»). Благодаря беспрецедентному разрешению «Радиоастрона» построена сверхточная карта выброса в галактике Персей А, находящейся от нас на расстоянии 237 млн световых лет, и выбран механизм формирования релятивистских струй в галактиках;

- начал успешную работу КА TGO (Trace gas orbiter), входящий в марсианский проект EXOMARS. Получены первые ценные данные о составе верхней атмосферы Марса и механизмах диссипации этой атмосферы.

Регулярные астрономические наблюдения ведут многие группы российских астрономов. В ближайшее десятилетие по прогнозам специалистов по-прежнему останутся актуальными исследования:

- глобальной структуры и эволюции нашей Вселенной от момента первоначального взрыва до современной эпохи;

- формирования и эволюции галактик и их скоплений, звёзд и планетных систем, установление природы ядер галактик и высокоэнергичных выбросов из них;

- в направлении изучения природы скрытой темной материи и темной энергии, поиск реликтовых объектов ранней Вселенной;

- многокомпонентной модели Вселенной;

- физики межзвёздной и межгалактической среды;

- строения и активности Солнца (включая многоволновой мониторинг активных процессов на Солнце и солнечно-земные связи) и звёзд, всевозможных проявлений нестационарности тесных двойных звезд, физики взрывов новых и сверхновых, формирования нейтронных звёзд и других сверхплотных объектов, чёрных дыр различных масс и их наблюдаемых проявлений, физики взрывных процессов в источниках гамма всплесков;

- Луны, планет Солнечной системы и их спутников, межпланетной среды, комет и астероидов, включая космогонические аспекты;

- планетных систем у других звезд;

- по построению фундаментальных систем отсчета и высокоточных эфемерид тел Солнечной системы;

- для создания систем контроля и предупреждения астероидно-кометной опасности, контроля солнечной активности, создания и развития астрономических систем для координатно-временного и навигационного обеспечения на Земле и в космосе;

- разработка перспективных методов и технологий создания систем работы со сверхбольшими распределенными архивами данных (в частности, Российской виртуальной обсерватории);

– развитие экспериментальных методов и технических средств исследований космических тел и пространства с помощью космических аппаратов, создание научных приборных комплексов автоматических межпланетных станций и посадочных аппаратов;

– создание высокоинформативных высокочувствительных телескопов и интерферометров наземного и космического базирования в гамма-, рентгеновском, ультрафиолетовом, оптическом, инфракрасном и радиодиапазонах (в том числе, реализация космических обсерваторий серии «Спектр»), участие в крупных международных астрономических проектах (в том числе, вступление России в Европейскую южную обсерваторию – крупнейший и самый современный международный центр наземной астрономии).

Что касается проблем, то, в основном, они общие для российской науки. Особенно мешает прогрессу сильное недофинансирование развития инструментальной базы (в астрономии это особенно заметно). Общее финансирование было существенно увеличено, но оно было избирательным (основная поддержка выделена центральному региону), и практически все направлено на увеличение зарплат.

Особенно серьезную озабоченность вызывает резкое (более чем в два раза) сокращение финансирования программ Фундаментальных космических исследований на период 2019–2021 годы. Обсерватория «Спектр-РГ», по-видимому, будет запущена в космос в 2019 г, а вот сроки запуска обсерватории «Спектр-УФ» становятся неопределенными (за пределами ФКП–2025). Seriously сокращается лунная программа, и существенно откладываются другие проекты.

Еще в период 2015–2016 годы в астрономии впервые для всей российской науки был проведен полный аудит и системно проанализированы перспективные пути развития. По инициативе и при участии РАН, НКС ФАНО, Минобрнауки России, Управления Президента Российской Федерации по научно-образовательной политике была сформирована межведомственная рабочая группа (РГ) экспертов по астрономии. Группе было поручено провести разработку целостной Программы развития наземной экспериментальной базы астрономии и астрофизики в России, в которой приоритеты участия России в крупных зарубежных астрономических проектах были бы логистически и финансово согласованы с планами развития наземной астрономической инфраструктуры на территории РФ. Одним из главных результатов работы Рабочей группы стала подготовка документа «Рекомендации межведомственной рабочей группы экспертов по приоритетам развития наземных астрономических инфраструктурных проектов Российской Федерации на период 2016–2025 гг.». Этот документ рассматривался неоднократно (в том числе и в 2017 г.) и был положительно воспринят в РАН, ФАНО и Минобрнауки России и Управлении Президента Российской Федерации по научно-образовательной политике. Более того, работа группы была принята за образец при проведении подобного анализа в других научных направлениях. В 2018 г. ОФН РАН была проведена экспертиза проектов класса «мегасайенс», которая подтвердила основные выводы Межведомственной рабочей группы.

Важнейшие достижения

1. РТ-симметричные квантовые интерференционные транзисторы и логические схемы на их основе

На основе построенной ранее авторами единой теории резонансов и антирезонансов в открытых квантовых системах предложена модель молекулярного транзистора, переключение которого осуществляется в результате взаимодействия двух физических механизмов: резонанса Фано-Фешбаха и спонтанного нарушения РТ-симметрии, связанного с коллапсом резонансов в особой точке молекулы, соединенной с электродами (рис. 9). Такой транзистор может быть реализован, например, на основе дирадикалов – органических молекул с вырожденными орбиталями. Показано, что на базе РТ-симметричного интерференционного молекулярного транзистора возможно создать логические вентили с теоретически сколь угодно малыми рабочими напряжениями даже при комнатной температуре. Таким образом, в представленном цикле работ сформулированы теоретические основы построения принципиально новой элементной базы молекулярной электроники со сверхмалым энергопотреблением (ФИАН).

Публикации:

Gorbatsevich A.A. and Shubin N.M., Coalescence of resonances in dissipationless resonant tunneling structures and PT-symmetry breaking, *Annals of Physics*, V. 376, p. 353–371, 2017.

Gorbatsevich A.A. and Shubin N.M., Unified theory of resonances and bound states in the continuum in Hermitian tight-binding models, *Physical Review B*, V. 96 (20), 205441, 2017.

Горбачевич А.А. и Шубин Н.М., Квантовые аналоги КМОП схем, *УФН*, Т. 188, с. 1209, 2018.

Gorbatsevich A.A., Krasnikov G. Ya. and Shubin N.M. PT-symmetric interference transistor, *Sci. Rep.* V. 8, 15780, 2018.

2. Сверхбыстрое переключение намагниченности в ферромагнитных металлических гетероструктурах: путь к металлической спинтронике

Построена теория сверхбыстрого переключения намагниченности в ферромагнитных металлических гетероструктурах, позволяющая описать основные особенности переключения намагниченности фемтосекундным лазерным импульсом, обнаруженного недавно экспериментально (рис. 10). Показано, что решающую роль в данном процессе играет обменное рассеяние свободных электронов на магнитных подсистемах ферромагнетика, происходящее в лазерно-индуцированном сильно-неравновесном состоянии.

Разработанная теория не только объясняет экспериментальные результаты, но и предсказывает возможность сверхбыстрого переключения намагниченности за счет нагрева пикосекундным импульсом тока, пропускаемым через ферромагнитную структуру, помещенную в точечный металлический контакт.

Реализация такого сценария позволит обойти существующую для оптических импульсов проблему миниатюризации и позволит создать управляемые импульсами тока триггеры нанометровых размеров с пикосекундными временами переключения для разработки новых элементов спинтроники (ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, А.М. Калашникова, В.И. Козуб).

Публикация:

П. Г. Баранов, А. М. Калашникова, В. И. Козуб, В. Л. Коренев, Ю. Г. Кусраев, Р. В. Писарев, В. Ф. Сапега, И. А. Акимов, М. Байер, А. В. Щербаков, Д. Р. Яковлев, Спинтроника полупроводниковых, металлических, диэлектрических и гибридных структур, Успехи физических наук, принята к публикации (2018).

3. Топологические изоляторы. Резонансное переключение краевых состояний в поляритонных топологических изоляторах

Топологические изоляторы – необычные материалы, обладающие полной запрещенной зоной в объеме среды, но в то же время допускающие проводимость благодаря наличию краевых состояний с энергиями, лежащими в запрещенной зоне, которые распространяются вдоль границы изолятора. Краевые состояния являются топологически защищенными, они не испытывают рассеяния на дефектах и невосприимчивы к беспорядку. Топологическая защищенность краевых состояний делает их превосходными кандидатами для использования в будущих схемах обработки информации и создает предпосылки для дизайна фотонных схем, основанных на их передаче и управляемом переключении.

В работе показано, что существует физический механизм, позволяющий резонансно связать топологические возбуждения, распространяющиеся на противоположных краях поляритонного топологического микрорезонатора с сотовой структурой и заметной спин-орбитальной связью во внешнем магнитном поле. Предложенный механизм использует малые периодические временные модуляции параметров микрорезонатора, которые не меняют внутреннюю симметрию и топологию системы. Периодическая временная модуляция параметров микро приводит к периодическому переключению между краевыми состояниями с одинаковым блоховским моментом, локализованными на противоположных границах и распространяющимися в противоположных направлениях (рис. 11). Предложенный подход к реализации переключения между краевыми состояниями может использоваться в различных фотонных и электронных системах (ИСАН).

Публикация:

Y. Zhang, Y. V. Kartashov, Y. Zhang, L. Torner, D. V. Skryabin, “Resonant edge-state switching in polariton topological insulators,” Laser & Photonics Reviews, vol. 12, n. 8, paper 1700348 (2018).

4. Магнитный переход и подавление состояния топологического Кондо изолятора у SmB_6 при низких температурах

Методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) обнаружен новый магнитный переход на поверхности топологического Кондо изолятора - гекса-

борида самария, SmB6 (рис. 12). Показано, что сигнал ЭПР в чистых монокристаллах SmB6 возникает пороговым образом в области температур, меньших 5 К, и его амплитуда демонстрирует критическое поведение, характерное для фазовых переходов второго рода с образованием локализованных магнитных моментов (рис. 13). Рассеяние на локализованных магнитных моментах нарушает симметрию обращения времени и снимает топологическую защиту поверхности, подавляя тем самым состояние топологического Кондо изолятора у SmB6 при низких температурах (ИОФ РАН, С.В.Демисhev, М.И.Гильманов, А.Н.Самарин, А.В.Семенов).

Публикация:

S.V.Demishev, M.I.Gilmanov, A.N.Samarin, A.V.Semenov, N.E.Sluchanko, N.A.Samarin, A.V.Bogach, N.Yu.Shitsevalova, V.B.Filipov, M.S.Karasev, V.V.Glushkov. Magnetic resonance probing of ground state in the mixed valence correlated topological insulator SmB6. Scientific Reports, 8, 7125 (2018), DOI: 10.1038/s41598-018-25464-y.

5. Теоретически было предсказано, что двумерные топологические изоляторы обеспечивают бездиссипативный транспорт спин-поляризованных электронов

В настоящей работе впервые синтезировано соединение In-Sb атомной толщины на поверхности Si(111) и продемонстрировано наличие у него свойств двумерного топологического изолятора (рис. 14) (ИАПУ ДВО РАН).

Публикация:

D.V. Gruznev, S.V. Ereemeev, L.V. Bondarenko, A.Yu. Tupchaya, A.A. Yakovlev, A.N. Mihalyuk, J. P. Chou, A.V. Zotov, A.A. Saranin. Two-dimensional In-Sb compound on silicon as a quantum spin Hall insulator. Nano Letters, 2018, V. 18, Iss.7. P.4338–4345.

6. Перспективные магнитные наноструктуры с гигантским магнитосопротивлением и высокочувствительные сенсорные элементы на их основе

В ИФМ УрО РАН разработаны перспективные для практического использования магнитные металлические наноструктуры (сверхрешетки и спиновые клапаны) с эффектом гигантского магнитосопротивления, функциональные характеристики которых - большая величина магнитосопротивления и магнитной чувствительности, а также малое значение магнитного гистерезиса – превосходят параметры зарубежных аналогов (рис. 15).

Магнитные сверхрешетки ИФМ УрО РАН обладают на 30% большим магнитосопротивлением, в 7 раз более высокой чувствительностью к магнитному полю, в 5 раз меньшим гистерезисом, а также более высокой линейностью магнитосопротивления. Получены спиновые клапаны и сенсорные элементы на их основе с перспективными для практического использования параметрами: магнитосопротивлением свыше 10% и чувствительностью к магнитному полю до 0,5%/Э в магнитных полях от -10 до +10 Э. Синтезированные в ИФМ УрО РАН магнитные наноструктуры с оптимизированными для конкретных

применений характеристиками в настоящее время уже используются на двух отечественных предприятиях для разработки инновационных изделий спинтроники: НПО Автоматики (Екатеринбург) и НПК «Технологический центр» (Зеленоград) (ИФМ УрО РАН, В.В. Устинов, М.А. Миляев, Л.И. Наумова, Т.А. Чернышова).

Публикации:

1. М.А. Миляев, Л.И. Наумова, В.В. Устинов. ФММ. 2018, т.119, №12, 1226–1230.
2. Т.А. Чернышова, М.А. Миляев, Л.И. Наумова, И.К. Максимова, А.Ю. Павлова, Н.С. Банникова, В.В. Проглядо, Е.И. Патраков, В.В. Устинов. ФММ. 2018, т.119, №6, с. 561–566.
3. Н.С. Банникова, М.А. Миляев, Л.И. Наумова, Е.И. Патраков, В.В. Проглядо, И.Ю. Каменский, М.В. Рябухина, В.В. Устинов. ФММ. 2018, т. 119. №11, с. 1132–1137.
4. T. Chernyshova, L. Naumova., A. Pavlova, I. Maksimova, M. Milyaev, V.Proglyado, E. Patrakov, V. Ustinov. Sensors and Actuators A. 2019, v. 285. p. 73–79.
5. M. Milyaev, L. Naumova, V. Proglyado, T. Krinitsina, N. Bannikova, and V. Ustinov. IEEE Trans. on Magn. (submitted).

7. Развита теория низкотемпературного поведения очень сильно неупорядоченных сверхпроводников в сильных магнитных полях и при низких температурах (рис. 16)

Дано объяснение экспериментально обнаруженному поведению критического тока как функции близости магнитного поля B к критическому значению B_{c2} . Показано, что полученный результат приводит к объяснению давно известной из экспериментов аномалии – ненулевому наклону кривой B_{c2} при температуре, стремящейся к нулю (ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН).

Публикации:

B. Sacépé, J. Seidemann, F. Gay (Université Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, Institut Néel, Grenoble, France), K. Davenport, A. Rogachev (University of Utah, Salt Lake City, UT, USA), M. Ovadia, K. Michaeli (Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel), M.V. Feigel'man (L. D. Landau Institute for Theoretical Physics & Skolkovo Institute of Science and Technology),

“Low-temperature anomaly in disordered superconductors near B_{c2} . as a vortex-glass property”, Nature Physics, 14, No. 10 (October 8, 2018); DOI: 10.1038/s41567-018-0294-6.

8. Квантовый генератор случайных чисел, основанный на пуассоновской статистике фотоотсчетов, со скоростью ~ 100 мбит/с

Представлена экспериментальная реализация квантового генератора случайных чисел (рис 17). Первичным источником случайности являются последовательности фотоотсчетов от квазиоднофотонного излучения, которое регистрируется матрицей кремниевых лавинных детекторов – SiPM (Silicon Photo

Multiplier). Использование SiPM позволяет надежно контролировать квантовый характер пуассоновской статистики фотоотсчетов.

Специальный алгоритм неэкспоненциальной сложности позволяет извлекать из пуассоновского процесса всю случайность, содержащуюся в нем, а именно, случайную равномерную последовательность 0 и 1 (ИФТТ РАН, С.Н.Молотков).

9. Новый режим дальней передачи высокой интенсивности фемтосекундных импульсов в воздухе

В ИОА СО РАН экспериментально реализован новый режим нелинейного распространения мощного ультракороткого лазерного излучения в воздухе, позволяющий без потерь на плазмообразование передавать высокую плотность мощности на стометровые расстояния в форме пространственно организованной связки протяженных световых каналов, обладающих субдифракционной угловой расходимостью и аномально широким частотным спектром (до октавы). Поперечный размер каждого оптического канала составляет порядка миллиметра при средней интенсивности до тераватта на квадратный сантиметр (рис. 18).

Для осуществления этого режима впервые была применена гибридная оптическая схема, содержащая дефокусирующий телескоп и гибкое биморфное зеркало с управляемыми деформациями поверхности. Фазовые искажения вносятся дифференцированно в различные зоны лазерного пучка с учетом начальной мощности излучения согласно предварительно рассчитанной карты аберраций, что позволяет варьировать как число световых каналов, так и положение области концентрированного распространения световой мощности по всей протяженности воздушной трассы (140 м).

Теоретически установлено, что обнаруженная в экспериментах пространственная устойчивость высокоинтенсивных световых каналов обеспечивается специфическим амплитудно-фазовым профилем лазерного пучка, создающим сложную динамическую картину интерференции волн в центре и на периферии пучка в условиях действия самофокусирующей керровской нелинейности (ИОА СО РАН, Д.В. Апексимов, Ю.Э. Гейнц, А.А. Землянов, А.Н. Иглакова, А.М. Кабанов, О.И. Кучинская, Г.Г. Матвиенко, В.К. Ошлаков, А.В. Петров).

Публикации:

Апексимов Д.В., Землянов А.А., Иглакова А.Н. и др. Влияние фазовых аберраций на положение и протяженность области филаментации // Оптика атмосферы и океана. 2018. Т.31. №12. С.5–12.

Apeksimov D.V., Geints Yu.E., Zemlyanov A.A. et al.. Controlling TW-laser pulse long-range filamentation in air by a deformable mirror // Applied Optics. 2018. Vol.53. №33. P.9760–9769.

Yu.E. Geints, A.A. Zemlyanov. Diffraction-ray optics of laser-pulse filamentation // Phys. Rev. A. 2018. V.98. № 023846. P.023846-1 – 023846-12. DOI: 10.1103/PhysicalReviewA.98.023846.

10. Оптимальная схема генерации чистых однофотонных состояний в системе связанных кольцевых микрорезонаторов

Развита теория спонтанного четырёхволнового смешения в системе кольцевых микрорезонаторов, один из которых используется для генерации коррелированных пар фотонов, а остальные – для селективного по частоте ввода/вывода излучения. Определены оптимальные параметры системы, позволяющие генерировать пары фотонов без спектральной корреляции, что соответствует приготовлению чистых однофотонных состояний (спектрально ограниченных однофотонных импульсов) (рис. 19).

Результаты работы открывают возможность создания качественных интегральных однофотонных источников с оповещением, необходимых для реализации оптических квантовых вычислений (КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН, А.А. Калачев, Н.С. Перминов; КФУ, И.Н. Чуприна; КНИТУ-КАИ, Д.Ю. Таранкова).

Публикация:

I.N. Chuprina, N.S. Perminov, D.Yu. Tarakanova, A.A. Kalachev. Generating pure single-photon states via spontaneous four-wave mixing in a system of coupled microresonators // Laser Physics Letters, 15, 105104 (2018).

11. Формирование пучков убегающих электронов релятивистских энергий в атмосфере (рис. 20)

Получены пучки убегающих электронов с энергией до 1.4 МэВ в воздухе в импульсном разряде с рекордной скоростью роста напряжения – до 10 МВ/нс [1].

Определены универсальные закономерности формирования пучков убегающих электронов с учетом неоднородного распределения электрического поля [2].

Получены параметры критических лавин убегающих электронов в условиях атмосферных грозových разрядов [3]. (Совместный результат ФИАН и ИЭФ УрО РАН)

Публикации:

Mesyats G. A., Pedos M. S., Rukin S. N., Rostov V. V., Romanchenko I. V., Sadykova A. G., Sharypov K. A., Shpak V. G., Shunailov S. A., Ul'masculov M. R., and Yalandin M. I. 2018 "Formation of 1.4 MeV runaway electron flows in air using a solid-state generator with 10 MV/ns voltage rise rate" Applied Physics Letters 112 163501.

Zubarev, N. M., Yalandin, M. I., Mesyats, G. A., Barengolts, S. A., Sadykova, A., Sharypov, K., Shpak V. G., Shunailov S. A., and Zubareva, O. V. 2018 "Experimental and theoretical investigations of the conditions for the generation of runaway electrons in a gas diode with a strongly nonuniform electric field" Journal of Physics D: Applied Physics 51 284003.

Oreshkin E. V. 2018 «The critical avalanche of runaway electrons» EPL (Europhysics Letters), Volume 124, Number 1, 15001.

12. В ИЯФ СО РАН в эксперименте с детектором КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М с лучшей в мире точностью измерено полное сечение электрон-позитронной аннигиляции в адроны в области энергии 1,84–3,72 ГэВ

В эксперименте КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М проведено прецизионное измерение отношения сечений электрон-позитронной аннигиляции в адроны и мюоны (R) в двадцати двух точках в диапазоне энергии в системе центра масс от 1,84 до 3,72 ГэВ (рис. 21). Ниже 3,08 ГэВ точность измерения лучше 3,9%, а выше – 2,6%, при систематических неопределённостях 2,4% и 1,9% соответственно. В настоящее время это наиболее точное измерение величины R для данной области энергии. Величина R является одной из ключевых характеристик, используемой при проверке Стандартной Модели. Измерения КЕДР согласуются с теоретическим предсказанием (ИЯФ СО РАН, К.Ю. Тодышев).

Публикация:

Статья опубликована в журнале Physics Letters B 788 (2019) 42–51 <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.11.012>, а также в электронном архиве <http://arxiv.org/abs/1805.06235>.

13. Нейтринный детектор DANSS, созданный физиками ОИЯИ совместно с ИТЭФ (Москва) и установленный на Калининской АЭС (рис. 22), исправно регистрирует около 4000 реакторных антинейтрино в сутки при фоне, не превышающем 2–3% (на сегодня лучшее в мире значение)

В 2018 году завершён анализ первой части экспериментальных данных, на основе которого получено наиболее строгое модельно-независимое ограничение на существование стерильных нейтрино. Набор данных и их детальный анализ продолжают.

Публикация:

Phys. Lett. B. 2018. V. 787. P. 56–63; arXiv:1804.04046 [hep-ex].

14. Первые результаты, полученные по данным российского прибора ФРЕНД на борту КА ЕКА Trace Gas Orbiter: картографирование воды/водяного льда в приповерхностном слое марсианского грунта с высоким пространственным распределением и дозиметрия на перелете к Марсу

В начале 2018 года КА ЕКА Trace Gas Orbiter (TGO) приступил к основной программе научных измерений на орбите вокруг Марса. В состав научной аппаратуры КА TGO входит российский нейтронный спектрометр ФРЕНД, позволяющий измерять нейтронное альbedo Марса с ранее недоступным высоким пространственным разрешением (до 40 км) и, тем самым, оценивать содержание подповерхностной воды/водяного льда, сопоставляя его с геологическими особенностями поверхности (рис. 23).

Первые 120 дней наблюдений позволили построить глобальную карту нейтронного потока от Марса и отождествить на умеренных широтах локальные районы с возможным наличием реликтового водяного льда, расположение ко-

торых хорошо коррелирует с геологическим контекстом местности. Нейтронный спектрометр ФРЕНД также имеет в своём составе болгарский дозиметр Люлин-МО.

Измерения радиационной обстановки за время перелета КА TGO от Земли к Марсу показали, что в течение перелета к Марсу и обратно космонавты будущей марсианской экспедиции могут получить дозу до примерно 60% от полной величины, допустимой для космонавта за всю его жизнь (ИКИ РАН, И.Г. Митрофанов, А.В. Малахов, Д.В. Головин, А.Б., М.Л. Литвак).

Публикации:

1) Mitrofanov I.G. et al., 2018, Fine Resolution Epithermal Neutron Detector (FREND) Onboard the ExoMars Trace Gas Orbiter // Space Science Reviews, Volume 214, Issue 5, article id. 86, 26;

2) Статья про первые результаты (сейчас готовится к отправке в журнал Nature);

3) Semkova J. et al., 2018, Charged particle radiation measurements with Lulin-MO dosimeter of FREND instrument aboard ExoMars Trace Gas Orbiter during the transit and high elliptic Mars orbit, Icarus, Volume 303, pages 53–66.

15. РСДБ-эксперимент для проверки общей теории относительности

В целях проверки общей теории относительности путем измерения отклонения лучей света в гравитационном поле Солнца спланирован и проведен специальный суточный сеанс РСДБ-наблюдений. На радиотелескопах семи обсерваторий (Светлое, Зеленчукская, Бадары, HartRAO, SHAO, Sejong, и Hobart) проводились наблюдения двух сильных радиоисточников 0229+131 и 0235+164 вблизи Солнца на угловых расстояниях от 1 до 3 градусов (рис. 24).

Из обработки только одной суточной серии наблюдений исследуемых радиоисточников получена оценка параметра γ параметризованного постньютоновского (ППН) формализма с точностью $0,9 \cdot 10^{-4}$, что превышает точность предшествующих оценок γ , полученных из глобального уравнивания более 5 млн РСДБ-наблюдений квазаров (ИПА РАН, Д. Иванов, А. Мельников, А. Михайлов в соавторстве с О. Titov, A. Girdiuk, S. B. Lambert, J. Lovell, J. McCallum, S. Shabala, L. McCallum, D. Mayer, M. Schartner, A. de Witt, F. Shu, S. Yi, B. Soja, B. Xia, T. Jiang).

Публикация:

O. Titov, A. Girdiuk, S. B. Lambert, J. Lovell, J. McCallum, S. Shabala, L. McCallum, D. Mayer, M. Schartner, A. de Witt, F. Shu, A. Melnikov, D. Ivanov, A. Mikhailov, S. Yi, B. Soja, B. Xia, T. Jiang. Testing general relativity with geodetic VLBI – What a single, specially designed experiment can teach us // A&A. – 2018. – 618 A8.

16. Квазипериодические пульсации (КПП) в микровспышках на солнце

По спектрально-поляризационных наблюдениях на РАТАН-600 25 января 2017 года (рис. 25) был обнаружен мощный «микровсплеск» с КПП, не отмеченный мировыми мониторингами Солнца разных диапазонов. Особенность спектра состоит в том, что плавное увеличение потока с длиной

волны сменилось в диапазоне 3–4 ГГц резким взрывным уярчением, в десятки раз превышающим яркость спокойного Солнца. Исследования временной эволюции и сопоставление с EUV (крайнем УФ) (рис. 26) показали, что эта микровспышка класса В2 была инициирована появлением S-образной петли. Наблюдаемое на РАТАН-600 поляризованное радиоизлучение этой микровспышки генерировалось нетепловыми электронами, жесткое рентгеновское излучение которых было зарегистрировано на космическом спутнике RHESSI (рис. 27).

Интерпретация тонкой спектральной и поляризационной структуры события состоит в возникновении квазипериодических пульсаций радиоизлучения как суперпозиции двух источников плазменного излучения, находящихся в магнитных полях разного знака. Взаимодействие нетепловых электронов с плазмой и выделение вспышечной энергии происходило в двух противоположных концах петли и квазипериодически модулировалась основной и второй гармониками со-сисочных осцилляций («sausage oscillations») вспышечной петли.

Уникальность результата заключается в сочетании предельных параметров космических и наземных наблюдательных комплексов и регистрацией редкого вспышечного события с новым механизмом излучения. (САО РАН, Институт солнечно-земной физики СО РАН, университет ИТМО, ИКИ РАН, Отдел физики университета Уорвик, Ковентри, CV4 7AL, Великобритания, Накаряков В.М., Анфиногентов С., Стороженко А.А., Курочкин Е. А., Богод В. М., Шарыкин И.Н., Кальтман Т. И.)

Публикации:

1. Nakariakov, V.M., Anfinogentov, S., Storozhenko, A.A., Kurochkin, E.A., Bogod, V.M., Sharykin, I.N., Kaltman, T.I., Quasi-periodic pulsations in a solar microflare, *Astrophys. J.* 859, 154, 2018

2. V. M. Bogod, T. I. Kaltman, A. A. Pervakov, Yu. V. Sotnikova, S. A. Trushkin (SAO RAS, Russia) Solar powerful short-term flare in NOAA12628 at 3–4 GHz on 25 Jan 2017, 10:16:43 UT ATel #10011; on 27 Jan 2017; 13:32 UT

НАНОТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Состояние и перспективы развития:

В области вычислительных, локационных, телекоммуникационных систем и элементной базы:

1. Вычислительные системы

В настоящее время практически все компьютерные системы создаются на базе зарубежных процессоров. Однако архитектура, то есть связь между процессорами, может проектироваться отечественными фирмами. Так, например, суперкомпьютер «Ломоносов» имеет архитектуру, включающую как графиче-

ские процессоры, так и универсальные процессоры, что позволило достаточно дешевыми средствами существенно увеличить производительность вычислений. Исключением здесь являются специализированные системы вычислений на базе процессора «Эльбрус», которые используются лишь для военных целей. В промышленности и народном хозяйстве применяются вычислительные системы серий «Беста», «Багет» (с российской операционной системой реального времени). Однако, в целом, по применению вычислительных систем Россия отстает от США, Китая и ряда других стран. Выход – развивать новые направления.

Перспективным направлением исследований в области вычислительных систем является разработка специализированных архитектур применительно к классам задач вычислений. Такие архитектуры могут быть достаточно эффективными для широкого круга приложений, что показывает использование массивно-параллельной архитектуры графических процессоров в сочетании с универсальными процессорами.

Другим перспективным направлением является развитие вычислительных систем на основе плис. Решение проблемы упрощения программирования плис позволит существенно ускорить создание микроконтроллеров и других специализированных устройств. Это важно и собственно для вычислительных устройств на плисах.

Следующим важным направлением является создание специализированных вычислительных систем с использованием искусственных нейронных сетей. Здесь возможны многообещающие применения для робототехники, включая автономные беспилотные летательные аппараты.

2. Локационные системы

Радиолокационные системы играют важнейшую роль в обороноспособности страны и в народном хозяйстве.

Многочастотные радиолокаторы бокового обзора с синтезированной апертурой (РСА) авиационного базирования.

Существует различие в направлениях развития с зарубежными аналогами:

- в РФ приоритет более длинноволновым диапазонам (большая глубина зондирования) и большим полосам просматриваемой местности;
- в зарубежных аналогах приоритет более коротковолновым диапазонам, более узким просматриваемым полосам местности, но с оперативной обработкой информации.

Значительные достижения, приоритетные достижения в отдельных областях; отставание менее 5 лет по замещению импортной элементной базы.

Имеется научный задел для создания перспективного многочастотного многофункционального РСА сверхвысокой разрешающей способности большой дальности с характеристиками, превышающими характеристики перспективных зарубежных образцов.

Радиолокаторы бокового обзора с синтезированной апертурой космического базирования.

По основным техническим характеристикам разрабатываемые радиолокаторы бокового обзора с синтезированной апертурой космического базирования находятся на уровне зарубежных аналогов. Отставание по массо-габаритным характеристикам обусловлено используемой элементной базой.

Имеется научный задел для создания многочастотного многофункционального РСА космического базирования, реализация которого позволит опередить достижения западных стран в создаваемых аппаратах.

Радиолокаторы бокового обзора с синтезированной апертурой для беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

Нет серийных образцов. Отставание около 5 лет.

Имеется научный задел для создания ряда РСА сверхвысокой разрешающей способности различных диапазонов для БЛА различного типа, а также многопозиционных авиационных комплексов разведки с многочастотными РСА на основе дополнения или замены пилотируемых разведывательных самолетов с многочастотными РСА на беспилотные летательные аппараты большой продолжительности полета с перспективными многочастотными РСА, что позволит одновременно улучшить все системные показания и, в том числе, оперативное целеуказание.

Радиолокаторы кругового обзора контроля территории наземного базирования. Серийные образцы по основным техническим характеристикам на уровне зарубежных аналогов. Отставание по массо-габаритным характеристикам обусловлено используемой элементной базой.

Имеется научный задел для создания высокоинтеллектуальных образцов, отличающих человека от животного (в мире аналогов не существует).

СВЧ радиометрическая аппаратура.

Значительные достижения в прошлом, приоритетные достигнутые технологии в отдельных областях и работы с зарубежными партнерами (отставание по элементной базе менее 5 лет).

Перспективным направлением в радиолокации (и в телекоммуникациях) является развитие радиофотоники. Развитие радиофотоники позволит преодолеть значительное отставание в существующей элементной базе за счёт применения принципиально новых радиофотонных методов обработки информации. При этом на порядки снижаются массогабаритные характеристики соответствующих систем.

В области *загоризонтных радиолокационных станций* наши работы ведутся успешно и даже в чем-то превосходят мировой уровень. Начало этих работ относится к пятидесятым годам. Экспериментальная часть включала в себя полномасштабный макет РЛС в пригороде г. Николаева, второй макет в середине восьмидесятых годов – вблизи Чернобыля. Зона действия этих РЛС (трехскачковая) включала в себя зону Северной Америки. Однако, стабильных результатов получено не было из-за исключительно большого затухания на трассе распространения сигнала. В настоящее время положение следующее: РЛС односкачковые и РЛС поверхностной волны успешно функционируют и продаются ряду приморских стран, где они действуют

стабильно (Китай, Австралия, по нашим сведениям, Индия). Предполагается, что для контроля арктического побережья России будут использоваться подобные РЛС; несколько станций позволят контролировать все арктическое побережье.

Авиационные станции дальнего радиолокационного обнаружения (РЛДО) разрабатываются в НПО «Вега». Это весьма успешные разработки, действующие в длинноволновом радиолокационном диапазоне. Их антенны установлены на фюзеляже самолета, имеют внешний вид гриба. Дальность их действия составляет сотни километров. Они позволяют контролировать обширную зону, при этом самолет не выходит за пределы государственной границы России. Подобные разработки есть и у стран – членов НАТО (система AWACS); наши работы как минимум не уступают разработкам НАТО.

РЛС для дальнего обнаружения систем ракетно-космического нападения: проводится непрерывное совершенствование путем освоения новых диапазонов, включая миллиметровый. Наибольшие перспективы имеют станции типа «Воронеж» с адаптивным режимом работы и с инверсным синтезированием апертуры для получения радиоизображения. Основные эффективные пути их совершенствования следующие: повышение потенциала передатчиков, чувствительности приемников, криостатирование отдельных элементов приемного устройства и др. и главное – создание системы из разнотипных или однотипных нескольких РЛС, создание системы «больших данных» с единым комплексом обработки информации.

Прогноз развития приемопередающих антенн и антенных систем до 2035 года

В области антенн для радиолокации и радиовидения основное развитие будет идти в направлении перехода от аналоговых систем к цифровым и гибридным системам, в первую очередь будут развиваться фазированные антенные решетки (ФАР) в следующих направлениях:

- активные фазированные антенные решетки (АФАР);
- цифровые активные фазированные решетки (ЦАФАР);
- гибридные системы (аналого-цифровые ФАР);
- сверхширокополосные (СШП) ФАР;
- ФАР с пониженным эффективным поперечником рассеяния (ЭПР).

В области антенн для систем связи главным объектом развития по-прежнему будут многолучевые антенные системы (МЛАС). Их развитие будет идти по нескольким направлениям:

- появление возможности электрического управления формой и положением лучей за счет использования многолучевых АФАР и цифровых диаграммо-образующих систем (ДОС) с использованием программируемых интегральных схем (ПЛИС, FPGA) или специализированных интегральных схем (СБИС, ASIC);
- увеличение углового сектора обслуживания и числа лучей МЛАС за счет использования новых аналоговых ДОС, в том числе планарных квазиоптических и линз Люнебурга;

- увеличение числа лучей и диапазона рабочих частот МЛАС за счет использования коротковолновой части сантиметрового и миллиметрового диапазона волн;

- увеличение диапазона рабочих частот МЛАС за счет использования СШП АР в качестве облучающей системы;

- снижение себестоимости МЛАС за счет использования новых технологий и материалов;

- МЛАС на основе интегрированных линз с ДОС на основе монолитных схем;

- МЛАС с МИМО обработкой;

Появятся следующие новые направления развития МЛАС:

- МЛАС с гибридным формированием лучей, в том числе с активной цифровой ДОС;

- МЛАС с неортогональными лучами;

- Специализированные МЛАС для терминалов, расположенных на транспортных средствах (автомобильных, железнодорожных, корабельных и авиационных);

В области сканирующих систем:

- АФАР и цифровой ДОС с использованием программируемых интегральных схем (ПЛИС, FPGA) или специализированных интегральных схем (СБИС, ASIC);

- активные цифровые гибридные зеркальные антенны (ГЗА) и гибридные линзовые антенны (ГЛА);

- СШП ФАР и АФАР;

- развитие антенн для систем связи будет идти и по функциональному применению;

В области антенн наземных терминалов спутниковой связи:

- получат применение гибридные антенные системы, в том числе активные ГЗА и ГЛА;

- появятся возможности электрического управления формой и положением лучей за счет использования гибридных зеркальных и линзовых антенн с кластерными облучающими системами, в том числе СШП;

- получат применение АФАР, в том числе с цифровым формированием лучей;

В области фиксированной, в том числе радиорелейной связи:

- МЛАС для сетей связи, в том числе систем «точка-многоточие»;

- ФАР для сетей связи, в том числе систем «точка-многоточие»;

- ГЗА и ГЛА для компенсации механических деформаций и неравномерности температурного распределения в атмосфере.

Общим направлением развития антенных систем будет переход в сторону увеличения числа рабочих диапазонов антенн, общей ширины полосы частот и сдвиг в сторону более высоких частот, в первую очередь, миллиметрового и субмиллиметрового (терагерцового) диапазонов волн.

3. Телекоммуникационные системы

Для современного состояния телекоммуникационных сетей характерны два обстоятельства: 1) экспоненциальный рост трафика; 2) все большая часть трафика генерируется мобильными устройствами (69% в 2016 г.). Особенностью современных стационарных (проводных) интеллектуальных сетей является возможность их быстрой реконфигурации, которая обеспечивает доступность использования вычислительных систем вместо традиционных маршрутизаторов. В настоящее время во всем мире ведутся исследования по созданию нового поколения телекоммуникационных мобильных сетей (5G), внедрение которых ожидается к концу 2020 года. Одним из основных направлений создания сетей 5G является разработка высокоскоростных (до 50 Гбит/с) каналов и сетей доступа к информационным ресурсам в миллиметровом диапазоне (мм-диапазоне) радиоволн. Большое внимание уделяется проектированию самоорганизующихся MESH-сетей миллиметрового диапазона (71–76 ГГц, 81–86 ГГц) с централизованным и децентрализованным управлением, для доступа к ресурсам сотовых сетей LTE (Long Term Evolution). Однако, появление ряда новых приложений и соответственно экспоненциальный рост трафика уже в ближайшее десятилетие потребует дальнейшего резкого повышения производительности сетей доступа (до сотен Гбит/с). В связи с этим основным перспективным направлением дальнейших исследований на ближайшее десятилетие, наряду с развитием работ по мм-диапазону, является переход от сетей миллиметрового диапазона к терагерцовому диапазону (0,1–10 ТГц). Использование терагерцового диапазона потребует переосмысливания классической коммуникационной парадигмы, формулировки и решения комплекса новых задач, которые ранее не исследовались при создании беспроводных сетей на более низких частотах. Основными причинами этого является: сверхширокополосная природа радиолучей; высокое рассеивание радиоволн терагерцового диапазона; узконаправленность каналов передачи, что потребует разработку новых механизмов передачи данных. Решение комплекса новых теоретических задач позволит создать основу проектирования сверхвысокоскоростных терабитных беспроводных сетей.

В России достаточно успешно решаются задачи проектирования интеллектуальных стационарных и мобильных сетей и создания программного обеспечения для них. Основным фактором, сдерживающим развитие телекоммуникационных сетей на российской элементной базе, является отсутствие высокопроизводительных процессоров для систем маршрутизации и обработки информации в сетях и отсутствие элементной базы миллиметрового и терагерцового диапазонов для мобильных сетей.

Развитие конвергентных сетей связи поколения 5G и стабильный рост трафика потребления широкополосных услуг организациями и населением приведет к необходимости развития волоконно-оптических систем передачи информации, как фиксированной основы информационной сети страны. При этом следует выделить три основных направления развития: формирование приема-передающей аппаратуры магистральных и внутризональных сетей связи

со скоростью передачи информации 100G и 400G на высокоскоростной элементной базе, основанной на применении арсенида галлия GaAs и фосфида индия InF; построение передачи основного информационного трафика с использованием, с одной стороны, волновых, например, вихревых, нелинейных технологий, а с другой - квантовых подходов с обеспечением скрытности информации на принципах квантовой механики; построение волоконно-оптических сетей доступа на основе радиопотонных подходов и технологий «радио-по-волокну» (RoF) или «широкополосные сигналы-по-волокну» (UWBoF). В свою очередь развитие таких сложных систем потребует создание широкого класса систем мониторинга и аппаратуры для их реализации, на основе обратного применения принципов радиочастотной локации, в том числе рефлектометрии, адаптированных к волоконно-оптической среде и элементной базе.

В настоящее время активно развиваются на новых принципах быстро восстанавливаемые системы дальней (тысячи километров) ионосферной адаптивной СВ связи, учитывающие изменчивость среды распространения, позволяющие обеспечить повышенную надежность и помехоустойчивость в условиях международных конфликтов. В мирное время они повышают эффективность систем связи в условиях Арктики, в регионах со сложным рельефом местности (гористости) путем применения метода обучения адаптивных систем. В данном направлении активно развиваются системы СВ связи стран НАТО. Основные эффективные пути совершенствования российских систем связаны с существенным расширением полосы каналов связи и созданием устройств диагностики радиоканалов сверх маломощными псевдослучайными шумоподобными сигналами на технологии программно-конфигурируемого радио.

В настоящее время активно развиваются вычислительные, локационные и телекоммуникационные системы в биомедицинской радиоэлектронике. Здесь получен ряд важных результатов. Так, на основе зондирования человеческого тела низкочастотным излучением возникла новая область медицинской диагностики, когда основная информация содержится в пространственном распределении проводимости. Это направление будет интенсивно развиваться.

В области систем управления центр работ переместится в сторону построения систем управления группами объектов, решающими одну общую задачу, например, такими как «стая» беспилотных аппаратов, множество промышленных роботов или космических объектов.

При построении инфокоммуникационных систем основное внимание будет уделено созданию мобильных реконфигурируемых систем связи и обработки информации, т.е. систем, которые сами будут анализировать информационные потоки и изменять свою структуру в зависимости от входных информационных потоков.

4. Элементная база. Состояние и прогноз развития технологий изготовления электронной элементной базы

В Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период предусмотрены исследования в области ин-

формационно-коммуникационных технологий, стратегических компьютерных технологий и программ, поисковые исследования, разработка и создание новых материалов, приборов и систем микро- и нанoeлектроники. Решение этих задач требует, в первую очередь, развития исследований и разработок в области технологий и материалов, обеспечивающих создание перспективной элементной базы нанoeлектроники с топологическими размерами до нескольких нанометров, трехмерной интеграцией и совмещением в одном чипе различных функциональных устройств. Для дальнейшего увеличения количества транзисторов (особенно при переходе к трехмерной интеграции) необходимо как усовершенствование архитектуры приборов, работающих на новых физических принципах (например, создание туннельных транзисторов), так и создание транзисторов с использованием новых материалов (например, сегнетоэлектрики, характеризующиеся наличием отрицательной емкости). Растущие потребности в развитии энергонезависимых электронных устройств для нужд техники и медицины стимулируют разработку новых микроэлектронных приборов и материалов, создание которых базируется на результатах фундаментальных исследований. Одна из возможностей создания новой элементной базы – это использование магнитных материалов и разработок в области магнитной электроники или спинтроники и магноники. На основе новых материалов и физических принципов этих областей могут создаваться элементы памяти, обработки и передачи информационных сигналов. Кроме этого, другим примером простейших энергонезависимых электронных устройств являются элементы резистивной памяти, мемристоры, работа которых основана на изменении сопротивления тонкого слоя диэлектрика под воздействием электрического поля.

Перед элементной базой стоят значительные вызовы, связанные с необходимостью увеличения объемов и скорости обработки информации. Решение данных задач связано как с традиционным скейлингом (уменьшением минимальных топологических размеров элементов интегральных микросхем), так и с созданием устройств на новых физических принципах.

Уменьшение минимальных размеров в традиционной КМОП-электронике выдвигает целый ряд задач в области FEOL процесса (транзисторный цикл изготовления ИС): изменение архитектуры транзисторных элементов, освоение технологий новых материалов с высокой подвижностью носителей заряда, подзатворных диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью. Однако сложнейшие вопросы возникают также в области многоуровневой металлизации (BEOL-процесс). Система проводников, коммутирующих миллиарды расположенных на кристалле транзисторов, вносит огромные временные задержки сигнала и приводит к росту тепловыделений. Для снижения RC-задержек необходима разработка нового поколения диэлектрических материалов с низкой диэлектрической проницаемостью и новых методов их интеграции в технологические процессы полупроводникового производства. Перспективным методом формирования таких диэлектриков являются методы химического осаждения из растворов с использованием методов молекулярной самосборки, позволяющие формировать упорядоченные нанопористые струк-

туры неорганически-органических гибридных материалов. Огромным преимуществом таких материалов является возможность их использования в новых технологических процессах, не требующих проведения плазмохимического травления диэлектрика, которое связано с наибольшими повреждениями материала. Такое революционное изменение технологии позволит существенно (в разы) повысить производительность вычислительных устройств и снизить энергопотребление, однако требует проведения детальной исследовательской работы.

Большие перспективы в области создания устройств приема, обработки и хранения информации открывает интеграция в полупроводниковые технологии активных диэлектриков, в т.ч. сегнетоэлектриков (т.н. «интегрированные сегнетоэлектрики»). Это уже привело к значительным достижениям в области создания коммерческих энергонезависимых устройств памяти, МЭМС, устройств энергосбережения, датчиков и пр. Новые горизонты открывает новое направление исследований, связанное с созданием композитных структур с использованием нескольких материалов, использующих явления на границе раздела фаз двух систем (напр. сегнетоэлектрик-полупроводник) или взаимовлияние двух систем (сегнетоэлектрик-магнетик, сегнетоэлектрик-мультиферроик, сегнетоэлектрик-пьезорезистор). Такие структуры позволят существенно поднять частотные свойства, снизить энергопотребление, а также создать новые типы высокоэффективных устройств.

По состоянию на начало 2019 года имеющийся в РФ уровень микронных технологий позволяет для коммерческих целей выпускать интегральные схемы по технологии КМОП с уровнем 180 нм и 90 нм, по технологии со встроенной энергонезависимой памятью и программируемым ПЗУ с уровнем 180 нм. По изделиям для космического применения используются технологии КМОП повышенной стойкости к воздействиям с уровнем 240 нм, 180 нм и 90 нм. Мировой уровень широкого коммерческого выпуска достиг технологий КМОП 10 нм, КМОП со встроенной энергонезависимой памятью – 40 нм, отдельно энергонезависимая память может изготавливаться по технологическому процессу с уровнем 28 нм. Мировой уровень изделий для космического применения достигает 65 нм, а для военного применения может использоваться процесс КМОП 90 нм.

В ближайшее время в РФ предполагается освоить коммерческую технологию КМОП с проектными нормами 28 нм и технологию КМОП со встроенной энергонезависимой памятью с проектными нормами 90 нм. Для изделий космического применения предполагается достичь уровня 65 нм, а для военного применения КМОП 90 нм.

Традиционно в нашей стране мировому уровню отвечают работы в области вакуумной электроники. В настоящее время весьма востребована вакуумная электроника мегаваттных мощностей и микровакуумная электроника. В первом направлении, необходимом, в частности, для ускорителей и нагрева плазмы, имеются достижения как в создании традиционных приборов клистронов, магнетрона, ЛВВ, ЛОВ и т.п., так и разработанных в нашей стране гидропри-

боров. Во втором направлении разработаны устройства принципиально устойчивые к радиационному поражению, что важно для космических технологий.

На основе работ по генерации мощных электромагнитных импульсов возникла новая область приложений – нетепловое воздействие на естественные и искусственные среды. Так получены первые результаты по обеззараживанию сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов. Это направление начинает бурно развиваться.

В области нанотехнологий:

В области нанотехнологий можно выделить целый ряд перспективных и практически многообещающих направлений исследований, в разработке которых ведущая роль принадлежит членам Секции нанотехнологий Отделения нанотехнологий и информационных технологий и работающих под их административным и (или) научным руководством организациям.

1. Технологии создания и изучение свойств поверхностных наноструктур

Использование и развитие высокочистых и ультрапрецизионных методов осаждения материалов на подложки (молекулярно-лучевая эпитаксия, магнетронное распыление, обработка ионными пучками, газофазное осаждение) позволяет синтезировать различные поверхностные наноструктуры. Так в ИФМ УрО РАН (академик РАН В.В. Устинов, чл.-корр. РАН А.Б. Ринкевич) успешно разрабатываются различные магнитные наноструктуры. Установлено, что получаемые магнитные сверхрешетки по своим характеристикам (гигантское магнитосопротивление, магнитная чувствительность и ряд других) не уступают лучшим зарубежным аналогам. Открывается возможность использования таких наноструктур в различных магниточувствительных устройствах. В СПбАУ РАН (академик РАН Ж.И. Алферов, чл.-корр. РАН В.Е. Жуков) определены режимы формирования полупроводниковых слоев GaP(N) на кремниевых подложках через буферный слой GaP. В работах чл.-корр. РАН А.В. Двуреченского из ИФП СО РАН созданы структуры с подвешенными GaAs точечными контактами, которые позволяют контролировать спиновую поляризацию электронов – подход, важный для создания элементов спинтроники. В работах чл.-корр. РАН О.А. Агеева (Южный Федеральный университет) теоретически объяснено наличие критической толщины и смена режимов роста с 2D на 3D при формировании металлических нанокластеров в процессе капельной эпитаксии полупроводников AlB5. В исследовании ИОФ РАН под руководством академика РАН В.И. Конова найден режим ультра-прецизионной лазерной обработки алмаза (режим лазерной нанооблации), который позволяет практически без значительных разрушений поверхностного слоя алмаза формировать в нем вакансии и в комбинации с примесным азотом локальные центры азот-вакансия, которые являются одним из наиболее перспективных источников одиночных фотонов при комнатной температуре для устройств квантовой оптики.

В качестве новой тенденции в создании поверхностных наноструктур можно отметить повышенное внимание к нитевидным структурам. В исследовании

ях СПбАУ РАН (рук. академик РАН Ж.И. Алферов и чл.-корр. РАН В.Е. Жуков) обнаружено, что в нитевидных нанокристаллах AlGaAs на кремнии можно создать квантовые наноточки GaAs. Измеренная автокорреляционная функция подтвердила, что при гелиевых температурах излучение из таких точек носит однофотонный характер. В другой работе СПбАУ РАН под руководством академика РАН Ж.И. Алферова и чл.-корр. РАН В.Е. Жукова предложен новый подход к созданию масок для селективной эпитаксии массивов нитей GaP с помощью проекционной литографии. Метод основан на создании множества нанотверстий в фоторезисте с помощью слоя фокусирующих элементов – микросферических линз из SiO₂. В работах ИФП СО РАН (руководители академики РАН А.В. Латышев и А.Л. Асеев) синтезирован массив из нанопроволок VO₂ сечением 80×80 нм каждая. Повышенный интерес к этому материалу и фотоприемным структурам на его основе обусловлен рекордно высокой скоростью переключения (всего около 20 фс). Этот материал представляет огромный интерес для разработки фотонных кристаллов, метаматериалов, оптических ограничителей и т.п. На базе НТЦ Микроэлектроники РАН (рук. член-корр. РАН В.М. Устинов) созданы нитевидные нанокристаллы In Ga N, в которых на поверхности концентрируется большое число наноточек GaN. Такой подход позволяет увеличить съем мощности излучения светодиода с единицы площади поверхности подложки.

2. Нанoeлектроника и нанoфотоника

Продолжаются работы по совершенствованию структуры лазерных диодов. К числу последних достижений СПбАУ РАН по данному направлению можно отнести снижение внутренних потерь и теплового сопротивления за счет помещения гетероструктуры на рекордно-малом расстоянии (менее 1 мкм) от поверхности. Значительные успехи достигнуты в разработке микролазеров. При их диаметре около 10 мкм достигнута рекордно высокая мощность излучения 18 мВт и КПД 15% при комнатной температуре. Другой замечательный как с научной, так и с практической точек зрения результат достигнут под руководством член-корр. РАН А.Ю. Егорова в дочернем предприятии СПбАУ РАН ООО «Коннектор Оптикс». Созданы гетероструктуры и кристаллы квантовокаскадных лазеров. Продемонстрирована одномодовая и одночастотная генерация в диапазоне длин волн 5,8–9,5 мкм при комнатной температуре с выходной мощностью более 100 мВт. Такие параметры уже соответствуют требованиям к целому ряду устройств оптической связи и диагностики.

Современные технологии изготовления субволновых дифракционных структур, развитые под руководством академиков РАН Ж.И. Алферова и В.А. Сойфера в ИСВЧПЭ РАН и ИСОИ РАН, позволили создать целый ряд элементов интегральной нанооптики, в их числе: латерально связанные решетки первого порядка для одночастотного InP лазера с распределенной обратной связью; плазменная решетка с рекордной толщиной электрода 100 нм для повышения эффективности работы фотопроводящих антенн; резонансная структура в виде наноступеньки на волноводной дифракционной решетке, которая

позволяет осуществлять операции оптического интегрирования и дифференцирования. Устройство, разработанное членом-корр. РАН А.В. Двуреченским, позволяет за счет резонансного усиления света повысить чувствительность фотоприемника для излучения с длиной волны 4 мкм.

Член-корреспондент РАН А.А. Горбацевич на основе построенной теории резонансов и антирезонансов в открытых квантовых системах предложил модель молекулярного транзистора. Предложено создать такие устройства на базе органических молекул с вырожденными орбиталями. На базе такого транзистора открывается возможность создания нового класса логических вентилях с теоретически сколь угодно малыми рабочими напряжениями даже при комнатной температуре.

В НТЦ Микроэлектроники РАН (член-корр. РАН В.М. Устинов) разработана технология ионно-лучевой литографии масок для селективной эпитаксии элементов интегральной фотоники на основе GaN (одного из наиболее перспективных материалов для мощной СВЧ микроэлектроники) и AlGaAs/GaAs. Продемонстрирована возможность изготовления планарных волноводов, ответвителей, микрорезонаторов.

Научный коллектив ИОФ РАН под руководством академика РАН В.В. Осико разрабатывает технологии создания композиционных материалов для оптики. Первая основана на целлюлозе (зеленая технология), в которую вводятся наночастицы фторидов. В настоящее время на этой основе создан гибкий люминесцентный датчик двухмикронного излучения. Во второй частицы фторидов удалось ввести в пленку CVD алмаза на кремниевой подложке. Это прототип проходного визуализатора мощного рентгеновского излучения. В НИЦ «Кристаллография и фотоника» разработан новый метод фотополимеризации в объеме полимерных композитов низкоинтенсивным светом ближнего ИК диапазона. Эффект достигается за счет введения и последующего облучения апконвертирующих наночастиц, обладающих сильными линиями фотолюминесценции в УФ и видимой областях спектра, что дает новый способ формирования 3D полимерных структур.

3. Биомедицинские технологии

Основным текущим и перспективным направлением нанобиомедицинских исследований является дизайн, свойства и применения в тераностике различных наночастиц – органического, неорганического и смешанного типа. Это направление имеет все шансы революционным образом повлиять на диагностику и лечение самых различных заболеваний, а также служить в качестве маркеров в исследованиях по фундаментальной биологии, иммунологии и других областях.

Член-корреспондент РАН С.М. Деев (ИБХ РАН) разрабатывает уже получившую широкую известность и признание универсальную платформу для диагностики рака (а также других заболеваний), основанную на использовании белкового интерфейса Барназа-Барстар и наночастиц, покрытых связывающим пептидом. Наибольшее практическое достижение данного подхода продемон-

стрировано на примере радиоактивных (^{90}Y) антистоксовых наночастиц-носителей, конъюгированных с рекомбинантным токсином. В результате удалось достичь синергетического эффекта – адресного радиационного воздействия на опухолевые клетки с одновременной флуоресцентной визуализацией опухолей в окне прозрачности биологических тканей, т.е. реализовать адресное воздействие на динамику терапевтического процесса на достаточно больших (до единиц миллиметра и более) глубинах биоткани.

В развитие многолетних исследований по фотодинамической терапии онкологических и других заболеваний, проводимых в ИОФ РАН под руководством академика РАН В.И. Конова, предложен и обоснован новый метод такого лечения, основанный на селективном лазерном воздействии на опухоль – ассоциированные макрофаги с использованием наночастиц-фотосенсибилизаторов и контроля процесса с помощью высокоскоростной селективной оптической идентификации различных типов макрофагов и динамики их смены при лазерном облучении.

С помощью метода генной инженерии (академик РАН К.Г. Скрябин, ФИЦ Биотехнологии РАН) идентифицированы гены синтеза магнитных кристаллических наночастиц различных форм в магнитотактических бактериях. Такой подход позволит значительно увеличить производительность создания магнитных наночастиц с помощью природоподобных процессов.

В работах ИОФ РАН под руководством академика РАН В.И. Конова показано, что собственно магнитные частицы могут быть с успехом использованы в качестве носителей различных таргетных компонентов и даже очень малое их количество может быть зарегистрировано с помощью оригинальных методов детектирования. Мультиплексные биосенсорные чипы на основе магнитных меток имеют порог детекции, например, для простат-специфического антигена (ПСА) на уровне 100 пг/мл, а с помощью специальных тест-полосок внутри магнитных микрокапсул малые молекулы (гормон-тироксин в сыворотке крови) на уровне 20 фг/мл всего за полчаса. Эти значения находятся на уровне рекордных для всех видов диагностики.

В ФИЦ Биотехнологии РАН (член-корр. РАН В.О. Попов) для повышения чувствительности биологических тест-систем (вплоть до 1–2 порядков величины) используются не одиночные, а агрегированные наночастицы. В этом же Центре под руководством академика РАН К.Г. Скрябина успешно ведется разработка новой вакцины против гриппа, в котором носителями являются наночастицы, образованные рекомбинантными белками (диаметр около 40 нм), которые несут M2e пептид вируса гриппа. В ФИЦ цитологии и генетики СО РАН показано, что интраназальное введение каталитически активных наночастиц окислов снижает температуру тела и объем мозговых желудочков, что дает начало разработке нового подхода к снижению внутричерепного давления. Под руководством академика РАН Ж.И. Алферова разработаны новые однодоменные антитела – органические наночастицы, блокирующие определенные рецепторы на поверхности опухолевых клеток.

4. Нанодиагностика

Под руководством академика РАН Г.Н. Кулипанова с использованием источника синхротронного излучения ИЯФ СО РАН совместно с учеными ядерных центров в г. Сарове и г. Снежинске проведены уникальные исследования динамики формирования наночастиц во время детонации и разлета в воздухе взрывчатых веществ, а также ударном воздействии продуктов взрыва на преграды.

Член-корр. РАН Е.И. Николаев (СколТех) создал уникальный масс-спектрометр с рекордным разрешением.

Разработан целый ряд прототипов нового диагностического оборудования: в ИФП СО РАН предложен метод измерения силы отрыва молекул от поверхности, который при соответствующей обработке данных позволяет идентифицировать вирусы и большие молекулы. Под руководством академика РАН Ю.Н. Кульчина разработан оригинальный нанозондовый прибор, позволяющий картировать показатель преломления гладких диэлектрических поверхностей. В ИАПУ ДВО РАН также продемонстрирована возможность с помощью легированных квантовых точек ZnS, покрытых органической оболочкой, создать хемочувствительный рецептор, который позволяет регистрировать метан в воде при концентрации до 100 ppm. Такой прибор имеет большие перспективы для контроля утечек природного газа в местах его шельфовой добычи и вблизи газопроводов.

Важнейшие достижения

1. Компьютерные модели высших когнитивных функций

Построены модели ряда функций сознания, таких как целеполагание, коллективное поведение, рефлексия. В основе моделей лежат современные психологические и нейрофизиологические данные о знаковой природе сознания, а также предложенная авторами теория субъективных знаковых моделей действительности. Для описания каждой из компонент знака: образа, значения и личностного смысла предложены специальные каузальные тензоры, на множестве которых формируется неоднородная семантическая сеть. На сети заданы локальные и глобальные процедуры распространения активности. Тогда моделирование указанных функций сознания сводится к распространению активности по определённым типам дуг сети и актуализации некоторого подмножества знаков (рис. 28). Выполнена программная реализация и проведена серия экспериментов. Результаты могут применяться для повышения степени автономности робототехнических устройств: дронов, наземных и подводных автономных транспортных средств, динамического распределения заданий в коалиции в процессе достижения общей цели, автономной выработки цели поведения (ФИЦ ИУ РАН, Осипов Г.С., Чудова Н.В., Панов А.И.).

Публикации:

1. Osipov G. Sign-Based Representation and World Model of Actor // Practical Issues of Intelligent Innovations / ed. Sgurev V., Jotsov V., Kacprzyk J. Springer, 2018. P. 215–230.

2. Осипов Г.С. и др. Знаковая картина мира субъекта поведения. М.: Физматлит, 2018. 264 с.

3. Панов А.И. Формирование образной компоненты знаний когнитивного агента со знаковой картиной мира // Информационные технологии и вычислительные системы. 2018. №4. С. (В печати).

4. Осипов Г.С., Панов А.И. Отношения и операции в знаковой картине мира субъекта поведения // Искусственный интеллект и принятие решений. 2017. №4. С. 5–22.

2. Разработка технологий для перспективного поколения суб-10 нм транзисторов с окружающим затвором (GAA MOSFET)

Разработана технология наноразмерных кремниевых Fin-структур и нанопроводов с критическим размером менее 10 нм (рис. 29). Технология успешно перенесена с объемных Si подложек на подложки КНИ. Достигнуты рекордные параметры размеров нанопроводов: сечение 8×50 нм и длина 200 нм (литографический размер – 10 нм). Технология воспроизводима и позволила создать топологически упорядоченные массивы нанопроводов до 10000 штук. Прецизионный метод удаления поверхностного слоя 1–2 нм кремния с дефектами кристаллической структуры в Si-нанопроводниках, возникшими в ходе плазмохимического травления, позволил в 105 раз увеличить проводимость Si – нанопроводников, исключив механизмы рассеяния носителей на поверхностных дефектах. (ФТИАН РАН, Руденко К.В., Вьюрков В.В., Рогожин А.Е., Мяконьких А.В., Татаринцев А.А.)

Публикации:

Vyurkov V.V., Khabutdinov R.R., Nemtsov A.B., Semenikhin I.A., Rudenko M.K., Rudenko K.V., Lukichev V.F. Analytic Model of Transit-Time Diodes and Transistors for the Generation and Detection of THz Radiation // Russian Microelectronics, 2018, 47(5), pp. 290–298.

Miakonkikh A.V., Orlikovskiy N.A., Rogozhin A.E., Tatarintsev A.A., Rudenko K.V. Dependence of the Resistance of the Negative e-Beam Resist HSQ Versus the Dose in the RIE and Wet Etching Processes // Russian Microelectronics, 2018, 47(3), pp. 157–164.

А.В. Мяконьких, А.А. Татаринцев, К.В. Руденко. Электронная литография и анизотропное плазмохимическое травление кремниевых FIN-структур для FINFET и SiNW транзисторов с размерами 11–22 нм // Труды ФТИАН. Т. 27. Квантовые компьютеры, микро- и наноэлектроника: физика, технология, диагностика и моделирование. 2018. С. 59–65. ISBN. 978-5-02-040089-4.

3. Синхротронное излучение – новый эффективный инструмент в исследованиях взрывных процессов

Учеными Института ядерной физики СО РАН под руководством академика

Г.Н. Кулипанова на базе источника синхротронного излучения разрабатываются методики и получены первые важные результаты по исследованию материалов в экстремальных условиях высоких температур (до 10.000

К) и давлений (до 10 млн атм), реализуемых в течение коротких промежутков времени (в течение нескольких микросекунд). Эти работы проводятся совместно со специалистами ядерных центров РФЯЦ – ВНИИТФ (г. Снежинск) и РФЯЦ – ВНИИЭФ (г. Саров).

На примере исследования детонации взрывчатых веществ (ВВ) продемонстрировано, что рентгено-дифракционные методы синхротронного излучения с наносекундным временным разрешением наиболее адекватны для решения поставленных задач. Впервые в мире исследованы процессы зарождения и роста размеров продуктов взрыва (наноалмазов) во время детонации ВВ с отрицательным кислородным балансом, в том числе в случае ВВ, используемых в специзделиях (рис. 30). Обнаружен эффект образования наночастиц на поверхности различных материалов при ударном воздействии во время развития неустойчивости Релея-Тейлора (откольные явления). С практической точки зрения результаты исследований важны для оценки эффективности и действия ВВ. (ИЯФ СО РАН, академик РАН Г.Н. Кулипанов).

4. Оптические интегратор и дифференциатор, интегрированные в двумерный волновод

Показано, что простая структура в виде ступеньки субволнового размера, расположенной на поверхности двумерного волноводного слоя позволяет эффективно выполнить операции дифференцирования и интегрирования оптического сигнала, распространяющегося в двумерном волноводе (рис. 31). Операция дифференцирования выполняется в пропускании, а операция интегрирования – при отражении от ступеньки. Выполнение операций интегрирования и дифференцирования обусловлено резонансным эффектом возбуждения кроссполаризованной волноводной моды, локализованной в области ступеньки. Результаты моделирования демонстрируют выполнение операций дифференцирования и интегрирования с высокой точностью. Практическая значимость результата состоит в возможности создания новых систем сверхбыстрых оптических вычислений в геометрии «на чипе». (ИСОИ РАН, Безус Е.А., Досколович Л.Л., Быков Д.А., Соифер В.А.)

Публикация:

Е. А. Bezus, L. L. Doskolovich, D. A. Bykov, and V. A. Soifer, “Spatial integration and differentiation of optical beams in a slab waveguide by a dielectric ridge supporting high-Q resonances”, Optics Express 26(19), 25156–65 (2018).

5. Новый подход к фотодинамической терапии онкологических заболеваний

В развитие многолетних исследований по фотодинамической терапии (ФДТ) онкологических и других заболеваний предложен и обоснован новый метод лечения и диагностики, основанный на селективном лазерном облучении наночастиц фотосенсибилизаторов, поглощенных иммунными клетками (проопухолевыми макрофагами), которые поддерживают развитие и метастазирование опухоли (рис. 32). В процессе ФДТ происходит изменение соотно-

шения проопухолевых и противоопухолевых макрофагов в сторону увеличения последних. Особенностью метода является возможность неинвазивной идентификации типа клеток, поглотивших наночастицы, методами высокоскоростной регистрации времени релаксации люминесценции наночастиц, индуцированной лазерным облучением. Тем самым обеспечивается контроль эффективности фотодинамической терапии по иммунологическому ответу. (ИОФ РАН, академик РАН В.И. Конов)

Публикация:

Zhu Z., Scalfi-Happ C., Ryabova A., Grafe S., Wiehe A., Peter R., Loschenov V., Steiner R., Wittig R. Photodynamic activity of Temoporfin nanoparticles induces a shift to the M1-like phenotype in M2-polarized macrophages // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2018. – №185(0). – С.215–222.

6. Маршрут проектирования сбоеустойчивых интегральных схем для оборонного, космического и других специальных применений

Разработан маршрут проектирования сбоеустойчивых интегральных схем, обеспечивающий повышение маскирующих свойств комбинационных участков схемы. Базовым этапом маршрута является новый метод и алгоритм локального ресинтеза комбинационных схем. Оценка сбоеустойчивости комбинационных участков схем производится с учетом результатов моделирования потока тяжелых заряженных частиц на топологическом уровне. Выполнены исследования по моделированию радиационного воздействия на комбинационные схемы, показавшие высокую эффективность метода ресинтеза – средняя наработка на сбой в результате ресинтеза увеличивается в среднем на 20%, а в отдельных случаях - до более 75% для отдельных схем. Кроме того, с помощью моделирования воздействия заряженных частиц выявлена высокая корреляция (0,96) между предложенной метрикой сбоеустойчивости - коэффициентом чувствительности - и временем бессбойной работы схем (рис. 33). (ИППМ РАН, к.т.н. Д.В.Тельпухов, к.т.н. Р.А.Соловьев, В.В.Надоленко.)

Публикация:

Надоленко В.В., Тельпухов Д.В., Битков ЮВ. Разработка маршрута ресинтеза комбинационных логических схем с целью повышения маскирующих свойств // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем. 2018. Выпуск 1. С. 50–56.

7. Ионно-лучевая литография-основа технологии прототипирования элементов интегральной нанофотоники

Базовыми элементами интегральной фотоники являются: лазеры, частотные фильтры, мультиплексоры, переключатели направления света, планарные волноводы и т.д. Одним из наиболее гибких и доступных методов формирования трехмерных объектов с нанометровой точностью является ионно-лучевая литография (рис. 34). В развитие этого технологического подхода:

– была разработана технология ионно-лучевой литографии масок для селективной эпитаксии элементов интегральной нанофотоники на основе GaN;

– были развиты основы технологии прямого формирования элементов нанофотоники в волноводных лазерных гетероструктурах AlGaAs/GaAs (НТЦ микроэлектроники РАН, В.П. Евтихийев, В.В. Лундин, А.Ф. Цацульников, С.Н. Родин)

Публикации:

Лундин В.В., Цацульников А.Ф., Родин С.Н., Сахаров А.В., Усов С.О., Митрофанов М.И., Левицкий Я.В., Евтихийев В.П. Селективный эпитаксиальный рост III-N-структур с использованием ионной нанолитографии. Физика и техника полупроводников 52(10), 1237 (2018).

Митрофанов М.И., Левицкий Я.В., Вознюк Г.В., Татаринев Е.Е., Родин С.Н., Калитеевский М.А., Евтихийев В.П. Концентрические гексагональные структуры GaN для нанофотоники, изготовленные селективной газовой эпитаксией с использованием ионного травления. Физика и техника полупроводников 52(7), 816 (2018).

Pozina,G; Gubaydullin,AR; Mitrofanov,MI; Kaliteevski,MA; Levitskii,IV; et.al., Approach to high quality GaN lateral nanowires and planar cavities fabricated by focused ion beam and metal-organic vapor phase epitaxy. Sci. Rep., v.8 ArtNo: #7218 (2018).

8. Использование технологии виртуализации сетевых ресурсов для повышения качества обслуживания трафика в беспроводных сетях пятого поколения

Одной из новых концепций, предложенных для построения сетей пятого поколения (5G), является концепция виртуализации сетевых ресурсов. Данная концепция предполагает создание множественных виртуальных подсетей на базе одной физической сети. При этом различные виртуальные подсети могут быть развернуты для обслуживания потоков данных, обладающих различными требованиями к качеству обслуживания и/или сгенерированных клиентами различных мобильных операторов. Были разработаны архитектура и протокол xStream (рис. 35) для обмена служебной информацией между сетью 5G и оконечными устройствами, позволяющие повысить качество обслуживания потоков трафика различного типа, объединенных в отдельные виртуальные подсети. На примере двух типов трафика: веб-трафика и видеотрафика (рис. 36), было продемонстрировано существенное повышение качества обслуживания благодаря использованию предложенной архитектуры и разработанных алгоритмов. (ИППИ РАН, Аккилдиз И.Ф., Кирьянов А.Г., Красилов А.Н., Куреев А.А., Любогощев М.В., Хоров Е.М.)

Публикации:

Akyildiz, I. F., Kak, A., Khorov, E., Krasilov, A., Kureev, A. “ARBAT: A Flexible Network Architecture for QoE-aware Communications in 5G Systems”. Computer Networks, 2018.

I.F. Akyildiz, E. Khorov, A. Kiryanov, D. Kovkov, A. Krasilov, M. Liubogoshchev, D. Shmelkin, S. Tang “xStream: A New Platform Enabling Communication between Applications and the 5G Network” IEEE GLOBECOM 2018 Workshop on Cloudified Architectures for 5G and beyond Systems.

Evgeny Khorov, “Communication between Applications and Networks for QoE-aware Slicing in 5G Systems” (Keynote). NEW2AN (The 18th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Advanced Networks and Systems).

9. Трехкубитовые квантовые операции Toffoli gate на основе трехчастичных резонансов Фёрстера в ридберговских атомах рубидия

В эксперименте наблюдались электрически управляемые трехчастичные резонансы Фёрстера при взаимодействии трех ультрахолодных атомов Rb в высоковозбужденных (ридберговских) состояниях. Такие резонансы соответствуют переходу, при котором все три атома изменяют свое состояние одновременно и представляют собой трехчастичный квантовый оператор, который можно применять для прямого управления трехчастичными взаимодействиями в квантовых компьютерах и симуляторах с кубитами на основе одиночных нейтральных атомов в оптических ловушках.

В 2018 году была исследована когерентность осцилляций населенностей и фаз коллективных трехчастичных состояний и показано, что в определенной пространственной конфигурации трех атомов можно выделить один когерентный канал взаимодействия. На основе этих результатов предложена новая оригинальная схема выполнения трехкубитовой квантовой операции Toffoli gate, которая дает дальнейшее увеличение скорости квантовых вычислений. Управление тремя атомными кубитами осуществляется с помощью коротких лазерных, микроволновых и электрических импульсов. Численное моделирование показало возможность достижения точности трехкубитовых операций свыше 98% (рис. 37). (ИФП СО РАН, И.И. Бетеров, Д.Б. Третьяков, Е.А. Якшина, В.М. Этин, И.И. Рябцев, Р.; Laboratoire Aime Cotton, CNRS, Univ. Paris-Sud, Orsay, France, Cheinet, P.Pillet)

Публикации:

D. Tretyakov, I. Beterov, E. Yakshina, V. Entin, I. Ryabtsev, P. Cheinet, P. Pillet, Phys.Rev.Lett. 119, 173402 (2017).

I.I. Ryabtsev, I. Beterov, D. Tretyakov, E. Yakshina, V. Entin, P. Cheinet, P. Pillet, Phys. Rev. A, 98 (2018) in press.

I.I. Beterov, I.N. Ashkarin, D.B. Tretyakov, V.M. Entin, E.A. Yakshina, I.I. Ryabtsev, P. Cheinet, P. Pillet, M. Saffman, Phys. Rev. A, 98, 042704 (2018).

ЭНЕРГЕТИКА, МАШИНОСТРОЕНИЕ, МЕХАНИКА И ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

Энергетика представляет собой ярко выраженную междисциплинарную науку, формирующую новые знания о методах преобразования энергии и создающую новые средства для таких преобразований путем интеграции достижений практически всех других наук. Одним из основных направлений фундаментальных исследований в энергетике являются системные исследования

перехода к экологически чистой, ресурсосберегающей и конкурентоспособной энергетике. Эти исследования должны включать в себя: совершенствование методологии и инструментария прогнозирования развития мировой и отечественной энергетики на долгосрочную перспективу в условиях новой технологической революции в экономике; разработку новых подходов к прогнозированию спроса на энергоносители; прогнозирование научно-технического прогресса в технологиях производства, распределения и потребления топлива и энергии; обоснование приоритетных направлений технологического развития энергетики России; научное обоснование перехода к новой структуре и параметрам ядерной энергетики страны в условиях замыкания ядерного топливного цикла; разработку предложений по совершенствованию систем управления развитием и функционированием отраслей энергетического комплекса страны на основе новых информационно-коммуникационных технологий и принципов интеллектуализации.

Другим основным направлением является разработка физико-технических основ прорывных энергетических технологий в областях: тепло-и электрофизических исследований; энергетики на основе органических топлив; ядерной энергетики; энергетики на базе возобновляемых источников энергии; энергетики на основе электрохимических технологий производства и аккумулирования энергии; распределения энергии; добычи, переработки и транспортирования органических топлив и использования энергии.

Машиностроение является материальной базой научно-технического прогресса страны, всех секторов её экономики и национальной безопасности и должно обеспечивать перевод всех отраслей на новую технологическую базу, обеспечивающую снижение материалоёмкости и энергопотребления производства, повышение производительности труда, уровня промышленной безопасности и конкурентоспособности производимой продукции. Развитие машиностроительного комплекса опирается на фундаментальные и прикладные исследования в таких областях знания, как механика, физика, химия, процессы управления. Машиноведение как составная часть машиностроения является междисциплинарной наукой о технологиях, используемых при создании машин, машинных комплексов и сложных системах «человек-машина-среда», динамике машин, волновых и вибрационных процессах в технике, ресурсе, живучести и безопасности машин и сложных технических систем. Междисциплинарные проблемы машиноведения, создания и функционирования сложных человеко-машинных и робототехнических комплексов включают в себя: вопросы анализа и синтеза машинных комплексов; эргономики и биомеханики человеко-машинных и робототехнических систем и комплексов; динамики машин и вибрационных процессов в технике; разработки перспективных материалов и технологий; техногенной безопасности. Реализация наукоемких технологий предполагает проведение исследований, связанных с разработкой и развитием новых направлений машиностроения - управляемых машин и аппаратов, технологий, автоматизированных технологических линий и энергосберегающих технологий на волновых принципах.

Механика – фундаментальная наука, результаты, полученные в её области, позволили решить многие важнейшие проблемы при создании космических и транспортных систем, при разработке новых материалов, машин и конструкций, при решении актуальных проблем освоения природных ресурсов страны и обеспечения её обороноспособности. Традиционно механика разделяется на следующие разделы: общая и прикладная механика; механика жидкости, газа и плазмы; механика деформируемого твердого тела; трибология; механика природных процессов и биомеханика. Несмотря на указанное традиционное разделение, одним из основных направлений фундаментальных исследований в механике является механика техногенных и природных процессов, включающая в том или ином виде все разделы механики. Механика техногенных и природных процессов как направление исследований включает в себя следующие области: управление движением тел и систем тел; механику экстремальных состояний; механику сплошных сред; исследование газодинамических процессов; физику и механику деформирования и разрушения материалов; механику контактных взаимодействий; исследование природных процессов; механику живых систем.

В рамках реализации национальных приоритетов развития научных исследований в области управления движением тел и систем тел, необходимо: решение новых фундаментальных задач динамики космических тел; дальнейшее развитие теории устойчивости движения; построение новых моделей мехатроники и разработка принципов движения роботов для перемещения в различных средах. В области механики экстремальных состояний необходимо: проведение экспериментальных исследований и теоретического анализа процессов и явлений в пикосекундном диапазоне длительностей нагрузки при реализации напряженных состояний твёрдых тел; проведение экспериментальных исследований прочностных свойств пластичных и хрупких материалов при высоких скоростях деформации и давлении; создание моделей для расчётов динамики вещества в состояниях далёких от механического, термодинамического и химического равновесия. В области механики сплошных сред необходимо: дальнейшее развитие математических моделей и методов расчёта сплошных сред; развитие методов Ланжевеновской динамики и построение новых моделей механики микро- и наносистем. В области исследования газодинамических процессов необходимо: исследование газодинамических процессов в реальных газах и плазме высокой плотности для земных и космических условий; разработка новых способов управления потоком в гиперзвуковой аэродинамике; исследование неравновесных физико-химических процессов в камерах сгорания прямоточных двигателей высокоскоростных летательных аппаратов. В области физики и механики деформирования и разрушения материалов необходимо: решение фундаментальных задач физики и механики деформирования и разрушения материалов различной структуры; построение моделей формообразования и инжиниринга поверхностей; изучение механики экстремальных энергетических воздействий на вещество мощных ударных и детонационных волн; создание определяющих соотношений для описания

поведения современных композиционных и SMART-материалов; построение моделей прогнозирования ресурса материала в условиях динамических, комбинированных и усталостных воздействий, в том числе в режиме гигацикловой усталости. В области исследования природных процессов необходимо: построение моделей поведения природных объектов и многомасштабных технических систем; моделей деформирования сред, находящихся в состоянии непрерывного разрушения; расчётно-теоретических моделей ионосферы; моделей поведения атмосферы и океана в Арктических климатических условиях. В области механики живых систем необходимо: построение моделей процессов в живых системах; моделей поведения объёмно растущих сред; методов диагностики патологических состояний биологических тканей; развитие методов моделирования конструкций из биodeградируемых материалов и композитов для создания искусственных органов.

Процессы управления. Современная теория управления представляет собой разветвленное научное направление, использующее аппарат классической теории автоматического регулирования и управления, кибернетики, методов оптимизации, исследования операций и искусственного интеллекта, теории принятия решений и др. и охватывающее проблемы управления системами самой разнообразной природы, масштаба и назначения. В то же время более традиционные области использования теории управления – сложные технические системы, робототехника, авиация, навигация, космос, обработка изображений и многие другие – будут сохранять существенную роль стимула для развития теории управления и областей её приложения.

Современную теорию управления можно разделить на следующие основные области: теория, методы и технологии оптимизации и управления динамическими системами; теория, методы и технологии управления техническими и технологическими системами; теория, методы и технологии управления системами междисциплинарной природы.

Разработка теории, методов и технологий оптимизации и управления динамическими системами предполагает создание теории, методов и технологий, обеспечивающих требуемое качество функционирования сложных систем управления (оптимальность, устойчивость, функциональную и эксплуатационную надёжность, работоспособность, отказоустойчивость и живучесть) в условиях ограниченности ресурсов управления; противодействия; недостаточной априорной информации об объекте управления и среде функционирования; большого количества разнородных и трудно учитываемых факторов нестационарности детерминированной, стохастической и субъективной природы; значительных объёмов существенной неструктурированной информации, поступающей и обрабатываемой в реальном масштабе времени; деградации (отказов аварий) и/или необходимости реконфигурации объекта и системы управления с приложениями к перспективным и совершенствуемым интеллектуальным системам навигации и управления объектами различного масштаба и назначения в разных физических средах и в таких отраслях, как авиационные, космические, наземные, морские и другие подвижные объекты.

Разработка теории, методов и технологий управления техническими и технологическими системами предполагает создание теории, методов и технологий интеллектуальных технических средств и систем автоматического и/или автоматизированного управления жизненными циклами организационно-технических и технологических систем с учётом критериев производительности, стоимости, энергоэффективности, экологичности и др., включая сетевые мультимодальные многоуровневые многоагентные системы автоматизации проектирования и производства на расширенных предприятиях высокотехнологических отраслей с обеспечением конкурентноспособности и гибкости производства и логистики, диагностики сложных технических и технологических систем на фазах эксплуатации и модернизации с оценками риска потери качества функционирования, индивидуализации продукции и реализации контрактов полного жизненного цикла с приложениями в различных отраслях промышленности, энергетики, телекоммуникационных системах, транспортно-логистических системах, сельскохозяйственном производстве в условиях его роботизации, добыче полезных ископаемых.

Разработка теории, методов и технологий управления системами междисциплинарной природы предполагает создание теории, методов и технологий гетерогенных интеллектуальных распределенных и иерархических автоматизированных систем и поддержки принятия решений в условиях неопределенности, ограниченной рациональности субъектов и объектов управления с приложениями в социальных, экономических, биологических, экологических, производственных и инфраструктурных системах различного уровня и масштаба.

Важнейшие достижения

1. Получение бионефти из биомассы микроводорослей

В ОИВТ РАН проведены исследования, направленные на увеличение выхода бионефти и улучшение качества бионефти (повышение содержания углевода, понижение содержания кислорода, азота и серы, увеличение содержания бензиновой фракции и др.) (рис. 38)

В результате работ получены образцы бионефти с выходом более 40%. Содержание бензиновой фракции в бионефти составляет около 30%. Теплота сгорания бионефти и её бензиновой фракции составляют около 35 и 38 МДж/кг соответственно. (ОИВТ РАН, к.т.н. М.С. Власкин)

2. Для защиты от сейсмических волн различной природы (объемных волн, поверхностных волн Рэлея – Лэмба, поверхностных волн Лява, а также головных сейсмических волн) разработана комплексная система территориальной сейсмической защиты (рис. 39, 40). Для защиты от объемных сейсмических волн разработаны сейсмические подушки из гранулированных метаматериалов, обеспечивающих диссипацию энергии объемных волн в широком частотном диапазоне. Сейсмические подушки располагаются под

фундаментами защищаемых объектов, обеспечивая защиту не только самих сооружений, но и их фундаментных конструкций. Для защиты от поверхностных и головных волн разработаны вертикальные сейсмические барьеры, заполняемые аналогичными метаматериалами, что обеспечивает существенное затухание энергии этих волн в зонах за сейсмическими барьерами. (ИПМех РАН, С.В. Кузнецов).

3. Разработаны теоретические основы проектирования привязных высотных телекоммуникационных платформ, в которых электропитание двигательных установок беспилотного аппарата осуществляется с земли по тонкому кабель-троссу (рис. 41).

Теория построения робототехнических систем этого класса базируется на комплексе новых моделей, методов и алгоритмов из различных областей науки, включая теорию оптимального управления, теорию надежности, теорию резонансной передачи энергии и др. Основным преимуществом является возможность передачи энергии большой мощности (до 10 кВт) земля-борт высоковольтным и высокочастотным сигналом, а также создание высоконадежного беспилотного мультироторного аппарата большой грузоподъемности. Проведены лабораторные и полевые испытания разработанной привязной беспилотной платформы, не имеющей мировых аналогов и востребованной в гражданских и оборонных отраслях. (ИПУ РАН, д.т.н. В.М. Вишнеvский).

4. Разработаны и реализованы принципиально новые методы управления многомасштабными процессами многофазных течений и фазовыми превращениями при дистилляции на структурированных насадках. На основе проведения обширных экспериментальных исследований на полупромышленных моделях (рис. 42) впервые получены опытные данные по эффективности разделения смесей в колоннах с полуцилиндрической и квадратной формами поперечного сечения, являющихся неотъемлемыми элементами перспективных колонн с разделительными стенками (рис. 43).

Современные термически связанные колонны являются новым шагом в дистилляции, позволяющим при разделении многокомпонентных смесей существенно снизить капитальные, эксплуатационные расходы и энергозатраты при замене последовательных колонн одной колонной с разделительными стенками. Определены конструкции наиболее эффективных структурированных насадок для использования в данной технологии, разработаны принципиально новые для дистилляции методы управляемого орошения насадки для повышения эффективности разделения смесей (рис. 44 (А), (В)). Полученные результаты важны для создания перспективных дистилляционных колонн с разделительными стенками в химической, нефтеперерабатывающей, криогенной промышленности. (ИТ СО РАН, чл.-корр. РАН А.Н. Павленко).

5. Продолжена разработка оптических сенсоров, основанных на эффекте гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) в метаматериалах.

Были исследованы метаматериалы, состоявшие из серебряных наночастиц, которые были синтезированы таким образом, что происходит коллективная локализация поверхностных плазмонов и, следовательно, возбуждение гигантского локального электромагнитного поля (рис. 45а).

Другое направление разработки это метаповерхностные, плазмонные сенсоры, состоящие из периодически расположенных кремниевых микрорезонаторов с нанесенными на их поверхность нано-слоем серебра. Проведено компьютерное моделирование взаимодействия электромагнитных волн с периодической структурой и найдено распределение локальных электромагнитных полей на поверхности и в окружающем пространстве (рис. 45 б,в). В результате было обнаружено одновременное существование локализованных и распространяющихся плазмонов. Это явление возникает вследствие возбуждения гибридных плазмонно-диэлектрических резонансов. Резонансное электрическое поле распространяется от метаповерхности на расстоянии порядка длины волны. Полученные сенсоры позволяют идентифицировать различное биологические объекты (биомаркеры), используя гигантское комбинационное рассеяние, как это показано на рис. 45г). (ИТПЭ РАН, академик РАН А.Н. Лагарьков, ИБХФ РАН, д.ф.-м.н. И.Н. Курочкин).

6. В ИФПМ СО РАН синтезированы низкоразмерные наноструктуры на основе гидроксида алюминия (получившие название aloohepe, алохен) для новых стратегий лечения онкологических заболеваний. Стратегия использует высокую чувствительность опухолевых клеток к изменению ионного состава межклеточной среды. Применяя синтезированные низкоразмерные наноструктуры алохена с поляризованными центрами на поверхности, можно эффективно изменять ионный баланс в перимембранном слое и подавлять рост опухолей, не оказывая токсического воздействия на здоровые ткани. В экспериментах на лабораторных животных алохен в комбинации с химиопрепаратом полностью останавливает рост меланомы – одного из наиболее быстро прогрессирующих видов опухолей (рис 46б).

Результаты опубликованы в высокорейтинговом журнале NanoLetters, получен патент США (рис. 46а). (ИФПМ СО РАН, д.ф.-м.н. Л.Б. Зуев).

7. В рамках теории больших деформаций исследовано возникновение, продвижение и взаимодействие с упругопластической границей волны разгрузки в упруговязкопластическом материале, заполняющем круглую трубу (рис. 47). Под действием растущего перепада давления материал вначале квазистатически деформируется, удерживаясь в трубе за счет трения о ее стенку, образуются пристенное вязкопластическое течение и упругое ядро. Волна разгрузки инициируется в момент начала проскальзывания материала на внутренней стенке трубы. Проведены расчеты с использованием лучевого метода, получены лучевые разложения решений за возникающими цилиндрическими поверхностями разрывов. (ИАПУ ДВО РАН, член-корреспондент РАН А.А. Буренин).

Публикации:

Герасименко Е.А., Ковтанюк Л.В., Буренин А.А. Одномерное взаимодействие цилиндрической волны разгрузки с движущейся упругопластической границей // Прикладная механика и техническая физика. 2018. Т. 59. № 2. С. 149–159. DOI: 10.15372/PMTF20180215.

E.A. Gerasimenko, L.V. Kovtanyuk, A.A. Burenin. One-dimensional interaction of a cylindrical unloading wave with a moving elastic-plastic boundary // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics, 2018, Vol. 59, No. 2, pp. 316–325. DOI: 10.1134/S0021894418020153.

8. В ИБРАЭ РАН совместно со специалистами ИГЕМ РАН, ИФХЭ РАН, ГЦ РАН, Санкт-Петербургского отделения ИГЭ РАН, НИТУ МИСиС, МГУ имени М.В. Ломоносова и ФГУП «НО РАН» **разработаны предложения по перечню и содержанию задач программы исследований в Подземной исследовательской лаборатории (ПИЛ)**, создаваемой в Нижнеканском массиве (Красноярский край) в рамках реализации «Стратегии создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов» (ПГЗРО).

Обосновано, что в состав планируемых экспериментов в ПИЛ, которые должны быть начаты на первой и второй фазах реализации Стратегии, по результатам работ были включены около 40 экспериментов по 9-ти направлениям (рис. 48).

Сформированный перечень исследований и экспериментов одобрен секцией НТС № 10 Госкорпорации «Росатом» 10 октября 2018 года. Состав исследований и экспериментов предполагает создание ПИЛ международного уровня. Среди них: геологические, гидрогеологические, физико-химические, термомеханические, геодинамические и геомеханические исследования и эксперименты, эксперименты с бентонитом и иными барьерными материалами, а также микробиологические исследования. (ИБРАЭ РАН, академик РАН Л.А. Большой).

9. В 2018 году усовершенствован и расширен модельный инструментарий в части уточнения проектных затрат и мощностей по всем энергоресурсам в зависимости от вариантов развития технологического прогресса, расширена расчетная детализация возобновляемых источников энергии (ВИЭ), проведено методологическое совершенствование разделения потребления по секторам с выделением блока электроэнергетики, определены максимальные потенциальные доли и ограничения для нетрадиционных ВИЭ в зависимости от прогресса в области накопителей энергии, проведена технологическая синхронизация ввода месторождений тяжелой и легкой нефти в Северной Америке, внедрен механизм учета природного газа, используемого в системах поддержания пластового давления, выполнен учет технологического совершенствования процессов глубокой деструктивной переработки нефтяных остатков.

Проведена актуализация всех баз данных с учетом статистических показателей, изменений проектных планов, контрактов и энергетической политики.

(рис. 49, 50). На базе актуализированного модельного комплекса и результатов ранее проведенных исследований выполнены имитационные оптимизационные расчеты и **разработан новый долгосрочный Прогноз развития энергетики до 2040 г. в условиях перехода к новому технологическому укладу.** (ИНЭИ РАН, академик РАН А.А. Макаров)э

10. Макрокинетические закономерности пластической деформации и разрушения при больших напряжениях

Измерена эволюция ударных волн в титане, латуни и стали (рис. 51, 52). Для латуни обнаружено аномальное термическое упрочнение как на высокоскоростной ветви зависимости напряжения от скорости деформации, контролируемой фононным трением, так и на низкоскоростной ветви, обычно связываемой с термофлуктуационными явлениями. Найдено, что предварительная пластическая деформация титана величиной 0,6 % и связанное с ней увеличение плотности дислокаций радикально изменяют кинетику деформирования и понижают величину динамического предела упругости. Увеличение величины предварительной деформации от 0,6 % до 5,2 % не приводит к существенным изменениям величины динамического предела упругости и скорости сжатия в пластической ударной волне (рис. 51_2). (ОИВТ РАН, чл. – корр. РАН Канель Г.И).

Публикация:

Г.И. Канель. Ударные волны в физике твердого тела.- М.: Физматлит, 2018, 208 с. ISBN 978-5-9221-1810-1.

11. Проведены исследования по развитию волноводной теории пористых сред, являющейся научной основой нового метода повышения нефтеотдачи пластов. Разработаны управляемые промышленные волновые устройства для повышения нефтеотдачи пластов. Для испытания волновых устройств (генераторов) в условиях, приближенных к промышленным, был разработан экспериментальный стенд, рассчитанный на давление в линии нагнетания до 500 атм и давление в рабочей камере до 200 атм. Проведены испытания различных конструкций волновых генераторов. Определены зависимости гидродинамических потерь на генераторе в зависимости от величины статического давления и расхода рабочей жидкости.

Проведен анализ колебаний, возбуждаемых генераторами, их амплитуд и амплитудно-частотных характеристик при различных значениях статического давления и расхода рабочей жидкости (рис. 53). Определены оптимальные конструкции и режимы работы генераторов в зависимости от глубины залегания продуктивных пластов и характеристик насосных агрегатов. (Филиал ИМАШ РАН - НИЦ НВМТ РАН, академик РАН Р.Ф. Ганиев).

12. При исследовании блочной структуры, моделирующей поведение литосферных плит на деформируемом основании, была выявлена возможность стартового землетрясения. Рассматривалась блочная структура, состоящая из трех блоков – основания, моделируемого пространственными

уравнениями теории упругости, и литосферных плит, моделируемых двумерными пластинами Кирхгофа. В зоне сближения литосферных плит до их взаимодействия, аналитически, в результате применения созданного в России метода блочного элемента, обнаружена сингулярная концентрация контактных напряжений. Она возникает при различных нагружениях и движениях литосферных плит и вызывает землетрясения, названные «стартовыми». Расчетное поведение поверхности Земли в зоне стартового землетрясения совпадает с реально наблюдаемыми последствиями землетрясений в зоне эпицентров. На рисунках представлен теоретический расчет (рис. 54) и сдвиг поверхности после реального Спитакского землетрясения 1988 года (рис. 55). (ЮНЦ РАН, академик РАН В.А. Бабешко)

Публикация:

Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M. On a mechanical approach to the prediction of earthquakes during horizontal motion of lithospheric plates // Acta Mechanica (2018) <https://doi.org/10.1007/s00707-018-2255-7> WoS Q1.

ХИМИЯ И НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ

Состояние и перспективы

В области химии и наук о материалах в рамках выполнения программы фундаментальных исследований, осуществляющихся под научно-методическим руководством ОХНМ РАН, в 2018 году проводились исследования по шести основным научным направлениям:

- фундаментальные основы химии;
- научные основы создания новых материалов с заданными свойствами и функциями, в том числе высокочистых и наноматериалов;
- физико-химические основы рационального природопользования и охраны окружающей среды на базе принципов «зеленой химии» и высокоэффективных каталитических систем; создание новых ресурсо- и энергосберегающих металлургических и химико-технологических процессов; процессы, включающие углубленную переработку углеводородного и минерального сырья различных классов и техногенных отходов, а также новые технологии переработки облученного ядерного топлива и обращения с радиоактивными отходами;
- химические проблемы получения и преобразования энергии, фундаментальные исследования в области использования альтернативных и возобновляемых источников энергии;
- фундаментальные физико-химические исследования механизмов физиологических процессов и создание на их основе фармакологических веществ и лекарственных форм для лечения и профилактики социально значимых заболеваний;
- фундаментальные исследования в области химии и материаловедения в интересах обороны и безопасности страны.

В отчете представлены наиболее значимые научные результаты, получившие мировое признание и имеющие перспективы практического применения. Одним из важнейших критериев отбора являлось соответствие полученных результатов основным направлениям Стратегии научно-технического развития.

В рамках каждого из указанных выше направлений для настоящего отчёта были отобраны наиболее перспективные, инновационно-приоритетные и «поливалентные» разработки и исследования.

По направлению «научные основы создания новых материалов...» в работах, нацеленных на результат в виде материала, присутствуют и инновационные его (материала) методы получения. Это естественное состояние современных науки и техники. Все возможности «классических» и «традиционных» технологий подходят к своему логическому пределу (если уже не исчерпаны), и без принципиально новых подходов к созданию новых материалов вероятность успешного решения задачи стремится к нулю. Поэтому в отчёт по этому разделу были включены работы, «гармонично» сочетающие в себе инновационную направленность и обеспечение технологического превосходства.

Так, использование электротеплового взрыва позволило учёным из ИСМАН получать материал, недоступный никакими иными способами и имеющий уникальные свойства: плотность, приближающуюся к золоту, высочайшую термостойкость и микротвердость, превышающую микротвёрдость корунда. В близкой перспективе есть возможность превратить метод в рутинный способ получения новых неорганических материалов с заданными свойствами.

Научными сотрудниками ИХ ДВО РАН разработан способ получения инновационного супермакропористого полимерного материала, способного эффективно извлекать ионы тяжелых металлов, включая ртуть, из водных растворов. При этом скорость связывания ионов достаточно высока, и для обеспечения падения их концентрации до безопасного значения (ниже ПДК) требуется менее получаса.

В области химии дендримерных структур совместными усилиями учёных ИНЭОС РАН и ИСПМ РАН получены не имеющие мировых аналогов результаты: дендримеры начиная с шестого поколения имеют «специфическое» агрегатное состояние за счёт взаимопроникновения частей молекул. Скачкообразный переход при повышении генерации приводит к гипервязким системам, что открывает возможность создания инновационных материалов с регулируемой в широком диапазоне и с высокой точностью свойствами.

Учёные ИХТРЭМС КНЦ РАН модифицировали (путем радиационного отжига) дефекты кристаллов ниобата лития, легированных цинком и магнием, сумев подавить эффект фоторефракции. При этом они стали пригодны для преобразования лазерного излучения, оптической голографии и электрооптических модуляторов, а по параметрам получившиеся «исправленные» кристаллы превосходят все аналоги, существующие в настоящее время.

В ИМЕТ РАН путем достаточно долгой целенаправленной «селекции» созданы сплавы с уникальными поверхностно-ионизационными свойствами. При использовании подложки из такого сплава можно создавать мультисенсорные

системы для экспресс-обнаружения определённых веществ. Для демонстрации возможностей разработано и сконструировано устройство, позволяющее обнаруживать полиазотистые соединения – взрывчатые вещества.

Используя метод селективного лазерного сплавления (аналог того, что используется в 3D-принтерах) исследователи из ИВС РАН получили термостойкие полиимидные плёнки, в разы превосходящие по своим свойствам аналоги, получаемые стандартными способами.

Отвечая на современные вызовы в области микроэлектроники, химики из ИОНХ РАН разработали и запатентовали принципиально новую технологию создания плёнок ферритов на полупроводниковых подложках. Инновационная разработка отличается от существующих тем, что процесс кристаллизации плёнки феррита проводится в квазиимпульсном режиме с минимизацией дефектов и стабилизацией межфазной границы.

По направлению «физико-химические основы рационального природо-пользования...» отобраны работы, которые используют как принципы «зелёной химии», так и принципы «atom economy», «energy recuperation» и «точечного направленного воздействия». Комбинирование таких принципов при реализации в перспективе масштабных химических производств позволяет снизить до минимума как отрицательное воздействие, так и «нейтральное» давление на окружающую среду. Кроме того, при этом существенно возрастает экономичность производства, и, хотя и требуется персонал с достаточно высокой квалификацией, значительно снижаются риски техногенных катастроф.

Работа, выполненная в ИОХ РАН, наглядно демонстрирует достигнутый к настоящему моменту уровень и целенаправленность возможного воздействия исследователя на реагенты в процессе химической реакции. О манипуляциях на уровне молекул пока ещё говорить рано, но манипулирование индивидуальными наночастицами с молекулярной точностью – уже состоявшаяся реальность.

Проблема исчерпания природных ресурсов становится всё более острой и требует адекватной ответной реакции, и исследователи ИОФХ ФИЦ КазНЦ РАН создали уникальную «композицию для облагораживания нефти». Для создания композита, предназначенного для использования в пластовых условиях, карбоксилаты переходных металлов переменной валентности смешивались с каолином определённым образом. Тестирование на «тяжёлой» нефти из Ашальчинского месторождения показало, что, за счёт конверсии высокомолекулярных компонентов, подвижность (вязко-температурные характеристики) нефти улучшается, и, соответственно, прогнозируется интенсификация добычи.

При отборе работ, отнесённых в раздел «химические проблемы получения и преобразования энергии...» не был обойдён вниманием тот факт, что создание новых видов топлив потребует и новой эффективной технологии их использования.

Две работы ИХФ РАН и ИПХФ РАН, отнесённые к этому разделу, логично можно сгруппировать в тандем. Одна из работ (ИПХФ РАН) нацелена на разработку новых типов топлив для прямоточных двигателей за счёт использования высокоэнальпийных углеводородов вместо полиазотистых соединений. Вто-

рая (ИХФ РАН) сфокусирована на разработке и конструировании прямоточных двигателей, работающих на новых физических принципах.

Сохранение энергии (особенно электроэнергии с учётом взрывообразного расширения рынка персональных гаджетов) требуется во всё более значительных количествах. Поэтому работа учёных ИВТЭ УрО РАН по расчётам новых материалов, пригодных для создания анодов, обеспечивающих создание высокоёмких литий-ионных аккумуляторов, совершенно оправданно входит в данный раздел. Предлагаемое использование анодов на основе силицена (кремниевый аналог графена), который способен позволить большую степень допирования литием по сравнению с углеродным аналогом, позволит получить весомое технологическое превосходство. Экспериментальные работы в данном направлении интенсивно ведутся во всём мире, однако, предвзято их компьютерным моделированием, время, необходимое для создания конечного материала, можно существенно сократить.

В разделе «...лечения и профилактики социально значимых заболеваний» химические исследования являются всегда лишь «инструментом» для решения поставленной задачи, но могут существенно изменить ситуацию при правильном ориентировании исследовательской деятельности.

Повышение эффективности нейротрансмиссии является одной из ключевых проблем при борьбе с проявлениями нейродегенеративных расстройств. Работа учёных из ИФАВ РАН именно поэтому очень важна и актуальна. Обнаруженный ими механизм нейропротекции, связанный с влиянием на митохондрии, может стать основой лечения нейродегенеративных расстройств.

Механизм генерации транспорта и тушения синглетного кислорода на липидных мембранах, предложенный на основе анализа активности фотосенсibilizаторов, используемых при фотодинамической терапии онкологических заболеваний с помощью модели липидного матрикса, разработанной исследователями из ИФХЭ РАН, открывает возможности эффективной терапии рака.

При этом к разделам «Фундаментальные основы химии» и «Фундаментальные исследования в области химии и материаловедения в интересах обороны и безопасности страны» в большей или меньшей степени относятся все работы.

Совместное, более фундаментальное, нежели прикладное, исследование ИБХФ РАН с ИФП СО РАН и ОИЯИ посвящено воздействию тяжёлых высокоэнергетических ионов на многослойные графеновые плёнки. При этом наблюдается значительный (на порядок) рост подвижности носителей заряда и формирование многосвязанности слоёв с формированием «нанотрубочных тоннелей» после пролёта тяжёлых ионов. Изменения в структуре графена при этом можно рассматривать не как дефекты, а как процесс формирования нового класса углеродных материалов – «графеновые сита». Данный подход позволяет прогнозировать выход исследования на прикладной уровень в обозримом будущем.

Аналогичная идеология с «переводом» побочных реакций в ключевые, возможная лишь при доскональном знании механизма процесса, реализована в работе ИСПМ. Так использование контролируемых «сбоев» в процессе олиго-

меризации позволило получать неординарные материалы для гибкой органической оптоэлектроники и люминесцентных полупроводников.

В всех отобранных разработках, представленных ниже, используются абсолютно оригинальные, новые, а в некоторых случаях даже можно применить термин революционные, подходы к решению тех задач, которые поставлены перед учёными России Стратегией научно-технического развития.

Важнейшие достижения

1. Впервые методом электротеплового взрыва (ЭТВ) под давлением синтезированы ультратугоплавкие композиты состава Ta_4ZrC_5 и WC–W₂C (температура плавления свыше 4000°C)

Показано, что формирование однородного композита Ta_4ZrC_5 в ходе экзотермического взаимодействия обеспечивает предварительная механическая активации порошков тантала и циркония (рис. 56).

Полученный композит WC–W₂C консолидирован до плотности 12,5 г/см³ и обладает микротвердостью 16–21 ГПа. Высокие физико-механические характеристики материала объяснены наличием частиц W₂C иглообразной формы (рис. 57). (ИСМАН, член-корреспондент М.И. Алымов; В.А. Щербakov; В.Т. Телепа В.И. Вершинников, А.В. Щербakov)

Публикации:

Telepa V.T., Alymov M.I., Shcherbakov V.A., Shcherbakov A.V., Vershinnikov V.I. Synthesis of the WC–W₂C composite by electro-thermal explosion under pressure. // Letters on Materials 8 (2), 2018 pp. 119–122. <http://dx.doi.org/10.22226/2410-3535-2018-2-119-122>

2. Нано-структурирование реагентов в органическом синтезе с атомарной точностью

Разработан принципиально новый подход каталитического органического синтеза, заключающийся в использовании свойств реагентов на нано- и микро-размерном уровнях для управления их реакционной способностью (рис. 58). Предложена новая методика каталитического C–S кросс-сочетания органических галогенидов и тиолятов никеля с высокой селективностью. Ключевым этапом предлагаемого подхода является ступенчатое разрушение наночастиц тиолята никеля, сопровождающееся переносом реакционноспособных сульфидных групп на активный металлический центр катализатора и далее в органические молекулы. Успешно реализовано наблюдение реакции нано-структурированного реагента непосредственно внутри камеры электронного микроскопа, что позволило записать первый пример видео-фильма реакции наночастиц металла в растворе. (ИОХ РАН, член-корреспондент РАН В.П. Анаников Nature Communications).

3. Разработан способ получения супермакропористых гранулированных материалов на основе разветвленного полиэтиленimina (ПЭИ), сши-

того коммерчески доступными сшивающими агентами – диглицидиловыми эфирами 1,4-бутандиола и полиэтиленгликоля при отрицательных температурах (рис. 59).

Установлены корреляции между концентрацией раствора ПЭИ, молярным отношением сшивающий агент: ПЭИ и степенью функционализации, выходом гелевой фракции, морфологией и сорбционной емкостью материалов. Показано, что с увеличением длины цепи сшивающего агента снижается его реакционная способность, в результате чего часть фрагментов прививается в боковую цепь, не обеспечивая сшивку. Полученные при оптимальных условиях супермакропористые криогели ПЭИ обеспечивают высокую эффективность извлечения ионов тяжелых металлов, в том числе Hg(II), из водных растворов и демонстрируют существенное превосходство в кинетических характеристиках по сравнению с непористыми материалами аналогичного состава. (ИХ ДВО РАН)

Публикации:

Privar Yu., Malakhova I., Pestov A., Fedorets A., Azarova Yu., Bratskaya S. Polyethyleneimine cryogels for metal ions sorption // Chemical Engineering Journal. 2018. Vol. 334. P. 1392–1398. doi:10.1016/j.cej.2017.11.097 (Q1; IF = 6,735).

4. Макромолекулярные нанобъекты – новые виды полимерной материи

При исследовании гомологических рядов карбосилановых дендримеров была открыта новая форма самоорганизации полимеров дендридной структуры, формирование которой сопровождается гигантским скачком вязкости (более чем на шесть порядков!) (рис. 60). Установленный эффект резкого повышения вязкости дендримеров 6 генерации обусловлен образованием необычной стабильной физической сетки зацеплений. Она формируется в дендримерах высоких генераций путем взаимопроникновения структуры одной макромолекулы в другую. Новое агрегатное состояние дендримеров высоких генераций сохраняется в широком диапазоне температур от -80 до 200°. Повышение температуры способствует упрочнению дендримерной сетки зацеплений, что отличает её от обычной физической сетки. Данный результат не имеет мировых аналогов. Полученные знания служат основой для создания инновационных материалов, молекулярным структурным элементом которых являются наноразмерные глобулярные регулярно-разветвленные макромолекулы-частицы, в частности, для создания демпфирующих и мембранных материалов с прецизионным уровнем регулирования свойств. (ИНЭОС, академик РАН А.М. Музафаров, д.х.н. В.Г. Васильев, д.х.н. Е.Ю. Крамаренко, д.х.н. В.С. Папков, к.х.н. А.А. Калинина; ИСПМ РАН, к.х.н. Татаринова, к.х.н. С.А. Миленин)

5. Новая композиция для облагораживания нефти

Предложена новая композиция для облагораживания нефти в ходе гидротермально-каталитического процесса в пластовых условиях, состоящая из карбоксилатов металлов переменной валентности (никель, железо, кобальт и медь) в

качестве катализаторов, породообразующего минерала (каолина) и пропанола (рис. 61, рис. 62).

Композиция увеличивает конверсию высокомолекулярных компонентов тяжелой нефти в нейтральной и уголекислотной средах, образуя низкомолекулярные насыщенные и ароматические углеводороды, улучшая подвижность нефти в пластах и повышая интенсификацию добычи. (ИОФХ ФИЦ КазНЦ РАН, Косачев И.П., Каюкова Г.П., Якубов М.Р., Борисов Д.Н., Михайлова А.Н., Мусин Р.З., Фосс Л.Е.).

6. Компьютерное моделирование интеркаляции ионов Li, Na, Mg и K в силицен как перспективный электродный материал для работы силицевого электрода для металл-ионных аккумуляторов

В настоящее время литий-ионные аккумуляторы (LIB) являются наиболее важными устройствами для накопления энергии. В технологии производства LIB на первый план выходят стоимость, безопасность, время цикла, энергия и мощность. Испытана модель новой конструкции анода, производство которой основано на использовании силицена на подложке из серебра Ag(111). Исследованы процессы интеркалирования и деинтеркаляции лития в канал, образованном силиценовыми листами в присутствии электрического поля. Используются листы из идеального силицена и силицена с вакансионными дефектами (моно-, би-, три- и гексавакансиями). Наибольшее количество ионов Li интеркалируется в канал с тривакансиями. Определены профили плотности лития в каналах, коэффициенты диффузии атомов лития, их энергия, угловые распределения ближайших соседей и распределения наиболее значительных напряжений в силиценовых листах. В среднем силиценовый канал с вакансионными дефектами на подложке Ag(111) характеризуется меньшей зарядной емкостью и большими напряжениями в силиcene, чем соответствующий канал на графитовой подложке. Аналогичные исследования будут продолжены с использованием других металлических подложек (Al, Cu, Ni) для поддержки силицевого канала. Эта работа будет способствовать дальнейшему выбору материала подложки для силицевого анода LIB.

На основе первых принципов с использованием теории функционала плотности и молекулярно-динамического моделирования *abinitio* изучено взаимодействие атомов Li, Na, Mg и K с автономным силиценом. Рассчитаны энергии адсорбции и длины связей Si-Me (Me = Li, Na, Mg, K) для разных местоположений адсорбированных атомов металла. В приближении обобщенного градиента рассчитывается зонная структура систем «силицен / Me». Металлоподобное состояние автономного силицена может возникать для различных случаев адсорбции щелочного металла. «Металлизация» полупроводника не возникает, когда количество адсорбированных Mg атомов меньше числа атомов Si. (рис. 63).

Способность кремния удерживать большое количество лития ставит силицен в ряд наиболее перспективных материалов для анода литий-ионных батарей. (ИБТЭ УрО РАН)

Публикации:

Galashev A.Y., Katin K.P., Maslov M.M. //Phys. Lett. A 2018. .doi.org/10.1016/j.physleta.2018.10.025.

Galashev A.Y., Ivanichkina // J. Electrochem. Soc. 2018, V. 165. P. 1788–1796.

Galashev A.Y., Vorob'ev A.S//J. Solid State Electrochem. 2018, V. 22. P. 3383–3391.

7. Радиационная модификация оптических характеристик легированных кристаллов ниобата лития

Разработан способ модификации оптических характеристик легированных магнием и цинком кристаллов ниобата лития ($\text{LiNbO}_3\text{:Zn}$ и $\text{LiNbO}_3\text{:Mg}$), основанный на ступенчатом радиационном отжиге заряженных дефектов в кристаллах.

Впервые показано, что радиационный отжиг дефектов может подавлять эффект фоторефракции в легированных кристаллах ниобата лития (рис. 64).

Новый способ существенно расширяет возможности практического применения легированных кристаллов в качестве функциональных материалов для преобразования лазерного излучения, оптической голографии, электрооптических модуляторов и затворов.

Радиационно модифицированные оптические материалы превосходят по своим характеристикам импортную продукцию аналогичного типа. Установлено, что в подвергшихся радиационной обработке кристаллах $\text{LiNbO}_3\text{:Zn}$ с очень малыми концентрациями легирующей добавки ($[\text{ZnO}] = 0,006$ мол. % в расплаве) раскрытие индикатрисы спекл-структуры при облучении лазером происходит на 2–3 порядка быстрее, чем в немодифицированных материалах. Поскольку величина и скорость изменения угла раскрытия индикатрисы фотоиндуцированного рассеянным светом (ФИРС) определяют чувствительность и быстродействие записи информации, быстродействие электрооптических модуляторов и затворов, то радиационно модифицированные кристаллы $\text{LiNbO}_3\text{:Zn}$ следует отнести к классу перспективных материалов для оптической голографии, электрооптических модуляторов и затворов. (ИХТРЭМС КНЦ РАН, д.т.н. Палатников М.Н., к.т.н. Макарова О.В., к.ф.-м.н. Теплякова Н.А.)

Публикации:

M.N. Palatnikov. Relationship between the Optical Damage Resistance and Radiation Hardness and the Influence of Threshold Effects on the Radiation Hardness of ZnO-doped LiNbO_3 Crystals / Palatnikov M.N., Sidorov N.V., Makarova O.V., Panasyuk S.L., Kurkamgulova E.R., Yudin I.V. // Inorganic Materials. 2018. T. 54. № 1. С.55–59. DOI: 10.1134/S0020168518010120.

8. Разработка сплавов для мультисенсорных поверхностно-ионизационных датчиков

Разработан метод повышения эффективности обнаружения взрывчатых веществ, объединяющий поверхностную ионизацию и хемилюминесценцию, причем ионизация усиливает эффект хемилюминесценции (рис. 65).

Микролегирование материала эмиттера позволяет получать различные отклики на хемилуминометре, при этом интенсивность хемилуминесценции, также как и поверхностно-ионизационные свойства, убывают в ряду $\text{Mo} - 0,15\%\text{Ir}$, $\text{Mo} - 9\%\text{Ru} - 0,15\%\text{Ir}$, $\text{Mo} - 1\%\text{Re}$, $\text{Mo} - 0,5\%\text{Zr} - 0,1\%\text{Ru}$.

Различие в откликах делает возможным создание мультисенсорных систем для обнаружения азотистых оснований на принципе совмещения поверхностной ионизации с последующей регистрацией продуктов ионизации хемилуминесцентным методом. (ИМЕТ РАН, член-корреспондент РАН Г.С. Бурханов).

9. Уникальный механизм нейропротекции, связанный с влиянием на митохондрии

При высоких концентрациях глутамата и, соответственно, при высоких концентрациях кальция ТГ-2112х предотвращает открытие пор проницаемости и обеспечивает нейропротекторный эффект. (рис. 66).

Но в физиологических условиях, моделирующих условия нейрональной активности, ТГ-2112х обеспечивает повышение цитозольной концентрации кальция, предотвращая митохондриальный захват кальция, что может обусловить увеличение эффективности нейротрансмиссии. (ИФАВ РАН).

10. Аномальный эффект воздействия высокоэнергетических ионов на графеновые пленки

В 2017–2018 гг. в ИБХФ РАН совместно с ИФП СО РАН и ОИЯИ изучены морфология и электронные свойства одно- и многослойных графеновых пленок, наноструктурированных под воздействием тяжелых высокоэнергетических (ВЭ) ионов. Обнаружено, что облучение приводит к образованию наноразмерных пор. Их размеры оказались слабо зависимыми от энергии ионов, тогда как реальная плотность пор увеличивалась с увеличением дозы ионов. С увеличением энергии ионов (>70 МэВ) происходило существенное снижение концентрации структурных дефектов. При этом наблюдались высокие подвижности носителей заряда до $1200 \text{ см}^2/\text{В}$, на порядок выше, чем в случае облучения низко энергетическими (НЭ) ионами, а также появление полупроводниковой проводимости.

С помощью современных методов квантово-химического моделирования были изучены и объяснены процессы, происходящие при облучении многослойных графеновых структур тяжелыми ионами. Существенное увеличение подвижности носителей заряда в таких наноструктурированных пленках было объяснено образованием сплошных многосвязанных графенов слоев с «замкнутыми» отверстиями за счет межслойных ковалентных связей на краях (рис. 67(d)).

Этот механизм полностью объяснил необычное сильное уменьшение пиков комбинационного рассеяния при ВЭ облучении, ответственных за наличие дефектов в графеновых структурах (рис. 67(b)), и увеличение проводимости пленок. (ИБХФ РАН)

Публикации:

N.A. Nebogatikova, I.V. Antonova, S.V. Erohin, D.G. Kvashnin, A. Olejniczak, V.A. Volodin, A.V. Skuratov, A.V. Krashenninikov, P.B. Sorokin, L.A. Chernozatonskii, NANOSCALE 10 (30) 14499–14509 (2018).

11. Возможность создания рецептуры топлив для ракетно-прямоточных двигателей на базе высокоэнтальпийных твердых углеводородов в качестве диспергаторов

В качестве эффективных диспергаторов топлив для ракетно-прямоточных двигателей предложено применять высокоэнтальпийные углеводороды с величиной стандартной энтальпии образования выше 3000 кДж/кг.

Проведены исследования с диэтинилбензолом (ДЭБ), теплота сгорания которого значительно выше, чем у рассматривавшихся ранее высокоэнтальпийных полиазотистых соединений (рис. 68).

За счет высокой энтальпии образования ДЭБ «горит» даже без доступа воздуха, температура достигает 1950°K. При этом, образуются мелкие порошкообразные углеродистые продукты.

Изучены скорости горения как индивидуального ДЭБ, так и его смесей со связующим (до 20%) и ПХА (до 15%).

Скорость горения индивидуального ДЭБ в отсутствие кислорода 2–3 мм/с.

Показано, что топлива на основе ДЭБ могут обеспечить повышение дальности полета на 30% по сравнению с существующими опытными топливами. (ИПХФ РАН).

12. Прямоточный двигатель на новых физических принципах

В ИХФ РАН впервые разработан и испытан демонстратор прямоточного воздушно-реактивного двигателя для дозвуковых скоростей полета, основанный на новых физических принципах (рис. 69). Разработана компоновочная схема и модель беспилотного летательного аппарата с таким двигателем и проведены ее бросковые испытания. Впервые в мире продемонстрирован полет беспилотного летательного аппарата с двигателем нового типа с набором высоты и скорости. Двигатель имеет высокие тяговые характеристики и может использоваться в летательных аппаратах широкого назначения. (ИХФ РАН, С.М. Фролов)

Публикации:

Фролов С.М., Аксенов В.С., Иванов В.С., Шамшин И.О. Бросковые испытания беспилотного летательного аппарата с прямоточным воздушно-реактивным импульсно-детонационным двигателем. Горение и взрыв, 2019, т. 12, №1.

Фролов С.М., Зангиев А.Э., Иванов В.С., Авдеев К.А. Воздушно-реактивный импульсный детонационный двигатель (варианты). Номер международной заявки РСТ/RU2013/0000663 от 01.08.2013.

13. Высокопрочные термостойкие полиимидные пленки, полученные методом селективного лазерного сплавления

Методом селективного лазерного сплавления (СЛС), используемого для 3D-печати, впервые получены полимерные материалы в виде термостойких пленок из полиимидного порошка Р-ОДФО на основе 1,3-бис-(3,3',4,4'-дикарбоксифенокси)бензола и 4,4'-бис-(4-аминофенокси)дифенила (рис. 70).

Исследованы свойства полученных плёнок в зависимости от способа синтеза и молекулярной массы полиимида Р-ОДФО, а также мощности лазера. Анализ механических свойств плёнок показал, что образцы, полученные на основе химически имидизованного (ХИ) порошка, обладали более высокой прочностью (в 2,5 раза) и модулем упругости (в 2 раза) по сравнению с образцами, полученными методом термической имидизации (ТИ). Методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) установлено, что при использовании химически имидизованных порошков формируются более плотные и монолитные образцы под действием лазерного излучения. (ИВС РАН, д.ф.-м.н. В.Е. Юдин).

14. Изучение молекулярных механизмов функционирования мембранных структур клетки в норме и патологии

С помощью модели липидного матрикса клеточных мембран и биоэлектрохимических методов исследования мембранных потенциалов создана уникальная экспериментальная система, позволяющая анализировать активность фотосенсибилизаторов, используемых при фотодинамической терапии рака в условиях, наиболее приближенных к клеточным мембранам. Показано, что время жизни генерируемого синглетного кислорода на мембране заметно отличается от тех оценок, которые были получены для объемной неполярной фазы.

Уникальность предложенной экспериментальной системы и полученных с ее помощью результатов заключается в том, что она позволяет перейти от измерений в объеме к исследованиям непосредственно на поверхности клеточных мембран, толщина которых составляет примерно 5 нм. Предложена полная кинетическая модель процессов генерации, транспорта и тушения синглетного кислорода на мембране и определены соответствующие константы (рис. 71). (ИФХЭ РАН).

15. Молекулярное самодопирование органических олигомеров

Впервые показано, что побочные реакции обмена лигандами, неизбежно происходящие при синтезе сопряженных олигомеров или полимеров методами кросс-сочетания на палладиевых катализаторах, можно целенаправленно использовать для получения молекулярно самодопированных олигомеров в одной колбе (рис. 72). Люминесценция выращенных из них монокристаллов органических полупроводников контролируется молекулами допанта, несмотря на их минимальное содержание (1% и менее). Это связано с эффективным переносом энергии электронного возбуждения от молекул целевого олигомера (донора) к молекулам допанта (акцептора), равномерно распределенных в кристаллической решетке донора, а также экситонным транспортом.

Разработанная концепция молекулярного самодопирования является универсальной и открывает простой путь для получения высокоэффективных люминесцентных полупроводниковых материалов для гибкой органической оптоэлектроники. (ИСПМ РАН, С.А. Пономаренко).

Публикация:

O.D. Parashchuk, A.A. Mannanov, V.G. Konstantinov, D.I. Dominskiy, N.M. Surin, O.V. Borshchev, S.A. Ponomarenko, M.S. Pshenichnikov, D.Yu. Paraschuk, Molecular Self Doping Controls Luminescence of Pure Organic Single Crystals, Adv. Funct. Mater., 2018, 28(21), 1800116; <https://doi.org/10.1002/adfm.201800116>, импакт-фактор = 12.12.

16. Технология создания пленок ферритов на полупроводниковых подложках для микроэлектронных устройств нового поколения (рис. 73)

Разработан принципиально новый метод создания пленок ферритов $Mg(Fe_{0.8}Ga_{0.2})_2O_4$ «микроэлектронного качества» на коммерческих полупроводниковых подложках (Si, GaN и GaAs). Показано, что кристаллизация пленки в квазиимпульсном режиме позволяет избежать нагрева подложки, что способствует стабилизации межфазной границы пленка/подложка, минимизации поверхностных и объемных дефектов структур. Масштабирование полученных пленок перспективно для создания активных элементов микроэлектронных устройств. (ИОНХ РАН, д.х.н. Кецко В.А., к.х.н. Смирнова М.Н)

Публикации:

Смирнова М.Н., Копьева М.А., Береснев Э.Н., Гоева Л.В., Симоненко Н.П., Никифорова Г.Е., Кецко В.А. Синтез $MgFe_{1.6}Ga_{0.4}O_4$ методом сжигания геля с использованием глицина и уротропина, ЖНХ, 2018, 68 (4), 411-415.

A. L. Chekhov, P.V. Naydenov, M.N. Smirnova, V.A. Ketsko, A.I. Stognij, T. V. Murzina Magnetoplasmonic crystal waveguide, Optics Express, 2018, 26 (16), 21086-21091.

Патент № 2657674 «Способ получения гетероструктуры $Mg(Fe_{1-x}Ga_x)_2O_4/Si$ со стабильной межфазной границей».

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Современная биология представляет собой комплекс наук о жизни, условно подразделяемый на области общей биологии и физико-химической биологии. В области общей биологии наиболее приоритетными направлениями являются биология развития и эволюция живых систем, экология организмов и сообществ, биологическое разнообразие и биоресурсы, общая генетика, почвы как компонент биосферы.

В области физико-химической биологии это функциональная микробиология, физиология и биохимия растений, исследование структуры и функции биомолекул и надмолекулярных комплексов, молекулярная генетика и механизмы реализации генетической информации, биоинженерия, клеточная био-

логия и иммунология, системная биология и биоинформатика, биофизика и радиобиология, биотехнология и синтетическая биология.

2018 год охарактеризовался важными решениями руководства страны, ставящими задачу интенсификации биологических исследований, вывод их на самый передовой уровень, создание новых научных центров.

Характерной чертой настоящего этапа развития биологических наук в мире и в Российской Федерации является взаимопроникновение методов и подходов различных биологических дисциплин, физических, химических, математических методов в перечисленные выше направления. Так, современная **биология развития** тесно интегрирована с общей и молекулярной генетикой, геномикой и эволюционной биологией. В 2018 году, как и в предыдущие годы, наиболее интенсивно развивались исследования клеточных и молекулярных механизмов онтогенеза, механизмов дифференцировки, трансдифференцировки и формообразования. При этом выявляется роль отдельных генов в регуляции развития многоклеточных организмов. Наиболее интенсивно развивается новое научное направление – эволюционная биология развития (*evo devo*).

Экология организмов и сообществ представляет собой важнейшее направление исследований. Не случайно в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации экологические проблемы названы в числе наиболее приоритетных. В последние годы в мире наметилась тенденция к глобализации экологических исследований. В основе таких исследований лежит необходимость предотвращения экологических угроз, сохранения важнейших функций экосистем в процессе деятельности человека, создание природоподобных технологий, имитирующих естественные процессы. Как и в предыдущие годы, важнейшими направлениями является изучение механизмов формирования и законов функционирования природных экосистем; изучение динамических процессов в экосистемах и создание научных основ мониторинга живой природы; формирование и анализ мировых и национальных экологических баз больших массивов данных (*Big Data*); разработка научных основ сохранения экосистем, их структуры и функций, инженерная экология. Следует отметить существенный прогресс в исследовании закономерностей функционирования экологических систем водоемов как динамического взаимодействия потоков энергии, вещества и информации, определяющего их устойчивость к антропогенным и естественным факторам среды, включая текущее изменение климата.

В области исследований **биологического разнообразия и биоресурсов** приоритетным является описание и выявление механизмов формирования биологического разнообразия природных зон и природно-ландшафтных комплексов, структурно-функциональной организации популяций и сообществ, сохранения биологического разнообразия и охраны природы. В частности, необходимо дальнейшее развитие сети ботанических исследовательских центров, разработки формы учета коллекционных фондов живых растений.

Наряду с этим продуктивно развиваются такие области как систематика, морфология био- и филогеография, микроэволюционные процессы и формо-

образование организмов как необходимой основы для разработки методов сохранения животного и растительного мира нашей планеты.

Общепризнанно, что новые биоресурсы в настоящее время сосредоточены в Мировом океане, и Россия располагает колоссальными возможностями в этом направлении в силу гигантской акватории арктических морей и Тихого океана. В 2018 году достигнуты успехи в исследовании структурно-функциональной организации популяций и сообществ рыб и других гидробионтов для разработки научных основ рационального использования водных биологических ресурсов, сохранения биологического разнообразия, создания методов экологического нормирования антропогенного воздействия и реабилитации водных экосистем. Проводятся работы с целью прогнозирования и контроля проникновения в российские воды чужеродных видов рыб и беспозвоночных, а также токсичных и потенциально токсичных микроорганизмов. Успешно развиваются исследования с целью повышения биологической продукции биохимически ценных веществ гидробионтами, в частности, полиненасыщенных жирных кислот – протекторов сердечно-сосудистых заболеваний человека.

В области **почвоведения** внимание многих исследователей сосредоточено на регионах криолитозоны и аридные, которые в максимальной степени затрагивают глобальные климатические тренды, отмечаемые в последние десятилетия. Составлены схемы эволюции почвенного покрова и спрогнозированы потенциальные почвенно-деструкционные процессы при различных климатических трендах.

2018 год характеризовался значительным прогрессом исследований в областях общей генетики и молекулярной генетики. В настоящее время взаимопроникновение этих дисциплин достигло столь высокого уровня, что зачастую не всегда удается отнести исследования к той или иной узкой специальности. Фундаментальные и прикладные исследования в области современной генетики развиваются по нескольким основным направлениям. Основным трендом при этом является широкое внедрение в научную и прикладную практику технологий геномного редактирования. Так, используя этот подход, была впервые создана модельная система, имитирующая новый уникальный вариант сплайсинга, в процессе которого две молекулы пре-мРНК, синтезируемые с разных промоторов и кодирующие разные части одного белка, объединяются в одну мРНК.

Использование техники полномасштабного секвенирования позволило достичь ряд принципиальных результатов. Так, с участием ряда российских институтов была установлена эталонная последовательность генома пшеницы, которая является наиболее полным и качественно собранным геномом пшеницы на сегодняшний день. Особенно важно применение этой техники в биомедицинских исследованиях: получены данные о возможной роли метаболизма некоторых соединений в развитии ряда заболеваний, в частности, метаболизма инозитола в развитии шизофрении, сигнальные каскады при развитии псориаза. Идентификация генов, ассоциированных с бронхиальной астмой, мета-анализ полногеномных ассоциаций (GWAS), объединивший данные по

миллионам полиморфных вариантов ДНК, выявили новые патофизиологические механизмы этой болезни, требующие новых терапевтических подходов. Исследуются причины заболеваний зрелого возраста, в частности, канцерогенеза на основании выявления гено-токсикологических факторов. Разработаны методы выявления амилоидов, с возникновением которых связаны неизлечимые ныне нейродегенеративные заболевания. Разрабатываются подходы для индивидуальной таргетной терапии наследственных заболеваний.

Широкое распространение получила разработка новых подходов к диагностике и терапии социально значимых заболеваний, анализ молекулярных механизмов, определяющих патологические состояния человека. В 2018 году получен большой объем новых знаний о генетических механизмах, патогенезе наследственных заболеваний человека, о структурно-функциональных изменениях генома при онкологических заболеваниях, о механизмах генетической дифференциации российских популяций. Часть полученных данных легли в основу разработки новых технологий диагностики и лечения наследственных и онкологических болезней.

Генетический и геномный анализ сельскохозяйственных животных и растений и технологии геномного редактирования выводят селекцию на новый технологический уровень. Картированы хозяйственно-ценные локусы пшеницы, в частности локус, определяющий возможность скрещивания пшеницы с рожью. Впервые в мировой практике получены данные о протеомном ландшафте мейозо-специфичных белков у ржи *S. cereale* L. и ее мейотического мутанта sy1.

При анализе генетического и геномного разнообразия популяций проведено исследование геногеографии малых народов РФ, иллюстрирующее возможность сохранения генофонда в диаспоре на протяжении более десяти поколений. Разработана новая методология обогащения геномных библиотек древней ДНК человека фрагментами митохондриальной ДНК для последующего секвенирования.

Микробиология и ее приложения продолжают оставаться одним из важнейших направлений. Каждый год приносит описание все новых и новых микроорганизмов, в том числе функционирующих в экстремальных условиях. Методическая база микробиологии ныне в значительной степени состоит из молекулярных методов, таких как определение и анализ полных геномов, протеомика и биоинформатика. Микробиологические исследования в значительной степени лежат в основе новых биотехнологий на основе специализированных штаммов микроорганизмов. Так, в 2018 году был выделен, идентифицирован и охарактеризован новый нефтеокисляющий штамм *Achromobacter marplatensis* 101n, способный деградировать нефть и нефтепродукты в жидких и твердых средах в высоких концентрациях Устойчивость к низкой кислотности и значительная деструктивная активность при высоких концентрациях нефтепродуктов позволяют считать штамм перспективной основой активно развиваемых с использованием растительно-микробных ассоциаций новых биоремедиационных препаратов для обработки нефтезагрязненных почв и отходов.

Физиология и биохимия растений или, согласно более современной классификации, **экспериментальная биология растений**, представляет собой специфическую область физико-химической биологии, ставящую задачи выявления молекулярных и физиологических механизмов интеграции сложных биологических процессов на уровне клетки и целостного организма; изучение структурно-функциональных, трофических и гормональных взаимосвязей; клеточных сигнальных систем (гормональная, метаболическая и др.); механизмов перепрограммирования экспрессии генов и протеома; функционирования и взаимодействия функционально-специализированных субклеточных структур растений. Среди ее актуальных задач - изучение световоспринимающих сигнальных систем растений и фотосинтезирующих клеток; механизмов направленной регуляции физиологических процессов в светокультуре растений и изолированных клеток при изменении интенсивности и спектрального состава облучения. 2018 год охарактеризовался рядом интересных работ, были, в частности, впервые выделены и всесторонне охарактеризованы рецепторы цитокининов и кодирующие их гены у экономически ценного вида – картофеля, исследована десатурация жирных кислот под действием спиртов, получены трансгенные растения табака с конститутивной экспрессией негативного регулятора клеточной пролиферации.

Исследования в области физико-химической биологии посвящены изучению биологических процессов на молекулярном уровне. Среди основных направлений исследований – **исследования взаимосвязи структуры и функций биомолекул и надмолекулярных комплексов**, генетических структур, органелл клетки, изучение систем регуляции клеточных процессов и межклеточных взаимодействий, а также иммунологических реакций в организме. Приложения этих исследований реализуются в биотехнологических процессах и создании новых лекарственных препаратов. Как и ранее, при этом производится, с одной стороны, широкомасштабное выделение, установление структур, биологическое тестирование соединений из природных источников микробного, животного и растительного происхождения и, с другой стороны, дизайн и синтез веществ с заранее заданными свойствами, которые, в свою очередь, все в большей степени выявляются за счет широкого применения вычислительных методов. В последнее время широкое распространение получили новые методы высокопроизводительного скрининга биомолекул. При этом применяются такие методы как фаговый дисплей, микрофлюидная техника и т.д. Разработанные методы могут применяться в таких разнообразных сферах, как анализ иммунных систем, бактериальных сообществ, биофармацевтика и многих других. В целом физико-химические подходы являются основными в поиске новых лекарств и биомедицинских технологий. Здесь и дальнейшее развитие технологий биосенсоров и биочипов, химический и микробиологический синтез лекарственных препаратов на основе соединений самых различных классов и многое другое.

Таким образом, развитие фундаментальных исследований в 2018 году можно рассматривать как очередной этап накопления экспериментальных данных во

всех областях биологии. Все большее развитие получает междисциплинарный подход, основанный на системном анализе результатов изучения разных уровней организации биологических систем – от молекулярного до биосферного.

Основные прогнозы на ближайшие годы.

Прогноз развития биологии в 2019 году предсказать довольно трудно, прогресс науки за столь короткий период может объясняться самыми разнообразными, в том числе случайными, факторами. Можно, однако выявить основные тенденции развития, не ограниченные узкими рамками.

Биология развития и эволюции живых систем – Разработка теорий индивидуального и исторического развития живых систем всех уровней организации, включая начальные этапы существования биосферы; исследование процессов формирования высших таксонов; моделирование процессов микро- и макроэволюции.

Экологии организмов и сообществ – Выявление факторов, механизмов и закономерностей функционирования живых систем, разработка теории формирования их адаптивных стратегий.

Биологическое разнообразие и биоресурсы – Разработка научных основ рационального использования биоресурсов, организации мониторинга биоразнообразия, технологий оценки и прогнозирования последствий (включая эволюционные) глобальных изменений климата и антропогенных воздействий на структуру и функционирование экосистем.

Общая генетика – Выявление молекулярно-генетических механизмов формирования генотипической и фенотипической изменчивости. Полногеномный анализ генофонда различных этнических групп России. Молекулярно-генетическое картирование геномов растений и животных в норме и патологии. Расшифровка геномов важнейших сельскохозяйственных растений и животных. Разработка эффективных методов селекции на базе геномных и постгеномных технологий.

Почвоведение – Изучение закономерностей формирования и функционирования почвенного покрова в геологической истории Земли; разработка методических основ и системы экологической оценки состояния почв; оценка экологической роли почв в формировании и сохранении планетарного биологического разнообразия; создание методик мониторинга техногенного загрязнения почв и рекультивации антропогенно нарушенных территорий.

Микробиология – Разработка методов анализа метагеномов микробных сообществ; метагеномный и транскриптомный анализ микробных сообществ биосферы; характеристика микробных сообществ различных экологических ниш; установление закономерностей генетического дрейфа циркулирующих вирусов, вызывающих социально значимые инфекционные заболевания; поиск новых перспективных микроорганизмов для целей биотехнологии.

Физиология и биохимия растений – Понимание детальных механизмов фотосинтетических процессов; создание методологии управляемого онтогенеза и продуктивности растений; исследование стратегии и механизмов адаптации и выживания растений; конструирование новых форм растений с заданными

свойствами с использованием молекулярных биотехнологий; изучение физиологии трансгенного растения; разработка фундаментальных основ фиторемедиации; выяснение молекулярных механизмов локального и системного фитоиммунитета.

Исследование структуры и функции биомолекул и надмолекулярных комплексов – Разработка новых методов анализа многокомпонентных смесей биомолекул различной химической природы. Идентификация и установление состава и пространственной конфигурации низкомолекулярных биомолекул, биополимеров и сложных макромолекулярных комплексов; раскрытие взаимосвязи их структур и функций. Компьютерный дизайн и синтез биомолекул любого класса и их неприродных аналогов, в том числе посредством методов органического синтеза, белковой, клеточной и генной инженерии.

Молекулярная генетика – Установление молекулярных механизмов взаимодействия с ДНК белков, РНК, низкомолекулярных биорегуляторов и выявление регуляторных элементов ДНК, контролирующих функционирование генома. Создание полногеномных методов диагностики социально значимых заболеваний. Раскрытие регуляторных механизмов координированного функционирования генов, приводящего к появлению определенных признаков. Изучение посттранскрипционных этапов экспрессии генетической информации. Получение видоизмененных организмов посредством геномного редактирования.

Клеточная биология и иммунология – Познание механизмов клеточной дифференцировки, иммунитета и онкогенеза. Выявление генетических программ старения, смерти и механизмов нарушения нормального развития клеток. Разработка методов повышения эффективности иммунной системы организма. Разработка методов выделения, очистки и культивирования стволовых клеток. Получение стабильных линий стволовых клеток человека, способных к тканеспецифической дифференцировке и созданию искусственных органов.

Системная биология и биоинформатика – Познание механизмов процессов самоорганизации в биологических системах. Разработка алгоритмов и программ для высокоэффективной функциональной аннотации геномов, транскриптомов, протеомов, метаболомов микроорганизмов, растений, животных и человека. Создание компьютерных моделей про- и эукариотических клеток, позволяющих описывать метаболические превращения и процессы переноса энергии, обеспечивающие функционирование клеток разного уровня организации.

Биофизика, радиобиология – Создание теоретических основ и методических подходов к изучению сетевых динамических взаимодействий молекул, органелл и структур клеток, определяющих их функционирование и межклеточные контакты в норме и при патологических изменениях. Разработка методов визуализации процессов в живых клетках. Расшифровка механизмов воздействия факторов внешней среды на биологические системы, в том числе электромагнитных и акустических полей. Установление молекулярных механизмов формирования отдаленных последствий хронического облучения объектов биоты и человека.

Биотехнология – Расширение спектра и разработка новых биотехнологических подходов на основе микроорганизмов и растений для получения медицинских препаратов, повышения урожайности сельскохозяйственных культур, производства биотоплива, при добыче и разработке месторождений нефти, угля, цветных и благородных металлов (биогеотехнология), для решения проблем биоремедиации почвенного покрова, водных систем и очистки производственных выбросов в атмосферу.

Важнейшие достижения

1. Персонализированная терапия В-клеточных лимфом. Выявление уникального лиганда лимфомы позволяет уничтожать только опухолевые В-клетки

С помощью методов комбинаторной химии и биологии создана система скрининга В-клеточных рецепторов пациентов с онкозаболеваниями (рис.74). Создана технология получения персонализированных химерных антигенных рецепторов для борьбы с лимфомами. (ИБХ РАН, академик РАН А.Г. Габибов).

Образец биопсии лимфатического узла от пациента выделяют и собранные опухолевые клетки используют для идентификации злокачественных генов БкР. Далее проводится отбор лиганда, нацеленного на опухолевые клетки. После нескольких циклов выбранные пептидные лиганды, слитые с CAR, секвенируются и могут использоваться для генерации терапевтических Т-лимфоцитов, модифицированных опухолеспецифическим CAR.

Публикация:

Stepanov AV, Markov OV, Chernikov IV, Gladkikh DV, Zhang H, Jones T, Senkova AV, Chernolovskaya EL, Zenkova MA, Kalinin RS, Rubtsova MP, Meleshko AN, Genkin DD, Belogurov AA, Xie J, Gabibov AG, Lerner RA (2018). Autocrine-based selection of ligands for personalized CAR-T therapy of lymphoma. Sci Adv 4 (11), eaau4580.

2. Впервые проведено исследование редких ископаемых крупного размера с остатками органического вещества и отпечатками наружных покровов, особым образом сохранившихся в песчано-глинистых толщах венда (около 550 млн. лет) на Онежском полуострове.

Из органического вещества отпечатков Dickinsonia и Beltanelliformis впервые выделены биомаркеры, содержащие информацию о биологических молекулах-предшественниках (прекурсорах), специфичных для организмов определенных филогенетических групп. Получены четкие молекулярные сигналы, подтверждающие, что билатерально-симметричная сегментированная Dickinsonia была многоклеточным животным (Metazoa) (рис. 75). Эти выводы были сделаны ранее на основе сравнительно-морфологических, тафономических и палеоэкологических данных, но ставились под сомнение рядом исследователей. Обнаруженные биомаркеры свидетельствуют о том, что дисковидные Beltanelliformis следует относить к колониальным циано-

бактериям, а не к животным, как предполагали многие исследователи. Обнаружены самые ранние свидетельства становления у Metazoa способности к регенерации утраченных частей тела: у Dickinsonia выявлены глубокие прижизненные повреждения, регенерация которых сопровождалась расщеплением зоны роста и формированием двух задних окончаний. Полученные данные подтверждают мнение о сравнительно высоком (тканевом) уровне организации основных таксонов вендской биоты (ПИН РАН, к.г.-м.н. А.Ю. Иванцов, к.г.-м.н. М.А. Закревская и др.)

Публикации:

1) Bobrovskiy I., Hope J.M., Ivantsov A., Nettersheim B.J., Hallman C., Brocks J.J. Ancient steroids establish the Ediacaran fossil Dickinsonia as one of the earliest animals // Science. 2018a. V. 361. P. 1246–1249.

2) Bobrovskiy I., Hope J.M., Krasnova A., Ivantsov A., Brocks J.J. Molecular fossils from organically preserved Ediacara Biota reveal cyanobacterial origin for Beltanelliformis // Nature Ecology & Evolution. 2018b. P. 437–440.

3. Получены принципиально новые результаты о роли одной из множества иммунорегуляторных молекул – цитокина «фактор некроза опухоли» в регуляции аутоиммунитета

С помощью технологий редактирования генома созданы новые гуманизированные мыши, позволившие изучать модельные аутоиммунные заболевания (рис 76). Результаты объясняют, почему анти-цитокиновая терапия, которая эффективна при таких заболеваниях, как ревматоидный артрит или болезнь Бехтерева, не принесла успеха при лечении рассеянного склероза, и указывают на новые перспективные направления дальнейших исследований (ИМБ РАН, академик РАН С.А. Недоспасов).

Публикация:

Atretkhany K.S., Mufazalov I.A., Dunst J., Kuchmiy A., Gogoleva V.S., Andruszewski D., Drutskaya M.S., Faustman D.L., Kruglov A.A., Waisman A., Nedospasov S.A. Intrinsic TNFR2 signaling in T regulatory cells provides protection in CNS autoimmunity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (2018) <https://doi.org/10.1073/pnas.1807499115>.

4. Впервые для многоклеточных животных на примере голотурии Cladolabes schmelzii был секвенирован и исследован транскриптом особей, находящихся в процессе бесполого размножения

По сравнению с нормой у делящихся животных происходит увеличение экспрессии более 10000 генов, кодирующих структурные белки внеклеточного матрикса, различные протеазы и их ингибиторы, транскрипционные факторы и компоненты различных сигнальных путей. Отмечена активность большого числа генов транскрипционных факторов, регулирующих морфогенез (рис. 77). Это означает, что одновременно с делением начинается подготовка животных к последующей регенерации (НИЦМБ ДВО РАН совместно с ИЭФБ РАН, рук. д.б.н. И.Ю. Долматов).

Публикация:

Dolmatov I.Y., Afanasyev S.V., Boyko A.V. (2018) Molecular mechanisms of fission in echinoderms: Transcriptome analysis. PLoS ONE 13: e0195836.) (IF = 2,766).

5. С участием научных коллективов РАН завершен международный проект по секвенированию генома пшеницы

Международным консорциумом завершен проект по определению эталонной последовательности генома пшеницы, важнейшей зерновой культуры в мире. Последовательность генома, представленная в виде 21-ой хромосомы, является наиболее полным и качественно собранным геномом пшеницы на сегодняшний день. В проекте приняли участие три научно-исследовательские организации России – ФИЦ Биотехнологии РАН, ИЦиГ СО РАН и Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, выполнявшие работы по секвенированию и сборке последовательности хромосомы 5BS (рис. 78). Наличие высококачественной последовательности генома ускорит селекцию пшеницы в течение следующих десятилетий, проложит путь для создания новых сортов пшеницы, лучше адаптированных к неблагоприятным климатическим условиям, с более высокими урожаями, улучшенными питательными свойствами и устойчивостью к болезням. (ФИЦ Биотехнологии РАН, рук. д.б.н. Н.В. Равин, академик К.Г. Скрыбин,)

Публикация:

International Wheat Genome Sequencing Consortium (IWGSC). Shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome Science (2018, Aug 17; 361: eaar7191361).

6. Подвергнута сомнению универсальность механизма дорсовентральной разметки нервной трубки у позвоночных

Согласно общепринятым представлениям, индуктором нервной трубки позвоночных и ее дорзо-вентральной разметки является зачаток хорды, обладающий свойствами региона-организатора. Роль хорды связана с секрецией сигнальной молекулы Sonic hedgehog, запускающей экспрессию гена *shh* в клетках будущего дна нервной трубки (vanStraaten et al., 1988). Насколько универсальна функциональная нагрузка зачатка хорды в развитии различных позвоночных животных? Целью нашего исследования был детальный анализ изучения паттерна экспрессии гена *shh* на разных стадиях развития в разных регионах эмбрионов курицы и кролика. Оказалось, что у кролика экспрессия *shh* впервые детектируется в зачатке хорды, и только потом экспрессия обнаруживается в области дна нервной трубки (рис. 79А-D), а это полностью согласуется с общепринятой моделью индукции этой структуры. Однако у курицы *shh* экспрессируется в проспективной нейроэктодерме еще до формирования хорды (рис. 79Е-G), что является значительным дополнением к существующей модели индукции нервной трубки у позвоночных. Таким образом, наше исследование выявило значительные различия в динамике экспрессии *shh* у

представителей разных классов позвоночных, что указывает на эволюционную дивергенцию механизмов индукции дна нервной трубки. Вероятно, именно эволюционная пластичность ранней эмбриональной индукции позволила позвоночным в широких пределах изменять гастрюляционные морфогенезы в связи с эволюцией репродуктивных стратегий, которая затрагивала организацию яйцеклетки. (ИБР РАН, к.б.н С.В.Кремнёв, к.б.н. Краус Ю.А.)

Публикация:

Kremnyov S., Henningfeld K., Viebahn C., Tsikolia N. Divergent axial morphogenesis and early shh expression in vertebrate prospective floor plate // *EvoDevo*. 2018. V. 9. N 1. P. 4. DOI: 10.1186/s13227-017-0090-x Q1.

7. Обнаружено, что спирты, оказывающие разжижающее действие на биологические мембраны, ингибируют десатурацию жирных кислот

Проведено систематическое исследование влияния девяти первичных алифатических спиртов (C1-C9) и ароматического бензилового спирта на физическое состояние мембран и на экспрессию генов десатураз жирных кислот у модельной цианобактерии *Synechocystis* sp. PCC 6803. Обнаружено, что гексан-1-ол обладает самым сильным разжижающим действием на мембраны из всех изученных 9 спиртов. Эффективность гексанола коррелирует как с продолжительностью воздействия, так и с концентрацией спирта в окружающей среде (рис 80). Длительное воздействие спиртов, имитирующее тепловой стресс, приводит к постепенному снижению количества ненасыщенных жирных кислот, за которым наступает клеточная смерть. Разжижение мембран является ключевым компонентом алкогольного стресса у цианобактерий, вызывающим инактивацию десатураз жирных кислот и приводящим к летальному исходу. Результаты важны для отработки производственных режимов при биотехнологическом получении биоспиртов с использованием цианобактерий, а также для понимания общих механизмов действия мембраноразжижающих химических агентов на живые клетки (ИФР РАН, рук. д.б.н. Д.А. Лось).

Публикация:

Mironov KS, Shumskaya M, Sidorov RA, Trofimova MS1, Los DA. . Membrane physical state and stress regulation in *Synechocystis*: fluidizing alcohols repress fatty acid desaturation. *The Plant Journal* 2018, 96, 1007–1017 (Q1, IF 5.775).

8. Показано, что наночастицы серебра обладают собственной токсичностью, которая не связана с присутствием ионов Ag⁺

На токсичность наносеребра, которое широко используются в коммерческих антибактериальных продуктах, влияет форма наночастиц – плоские наночастицы более токсичны, чем сферические. Полученные данные должны быть использованы при оценке рисков внедрения наноматериалов и при разработке безопасных наночастиц (рис 81). (ИПЭЭ РАН, к.б.н. Е.Ю. Крысанов)

Публикация:

Abramenko N.B., Demidova T.B., Abkhalimov E.V., Ershov B.G., Krysanov E.Yu., Kustov L.M., 2018. Ecotoxicity of different-shaped silver nanoparticles: Case

9. С помощью генного редактирования впервые создана модельная система, имитирующая новый уникальный вариант сплайсинга, в процессе которого две молекулы пре-мРНК, синтезируемые с разных промоторов и кодирующие разные части одного белка, объединяются в одну мРНК. С помощью нового варианта сплайсинга формируется более 30 мРНК локуса *mod(mdg4)*

Несмотря на открытие этого феномена более 15 лет назад, механизмы процесса оставались неизвестными из-за отсутствия адекватной модельной системы. Разработанная модельная система позволила определить ключевые последовательности в локусе *mod(mdg4)*, которые необходимы для реализации процесса объединения пре-мРНК.

Роль найденных ДНК последовательностей была доказана путем их делеции в нативном локусе *mod(mdg4)* с помощью CRISPR/Cas9 подхода. Кроме того, был обнаружен новый тип терминации без полиаденилирования и определены ДНК последовательности, которые ответственны за этот процесс. Разработанная модельная система и полученные результаты позволят в ближайшем будущем расшифровать новый механизм сплайсинга, который, по предварительным данным, может также играть значительную роль в регуляции экспрессии генов млекопитающих (рис. 82). (ИБГ РАН, рук. академик РАН П.Г. Георгиев).

Публикация:

Tikhonov M., Utkina M., Maksimenko O., Georgiev P. (2018) Conserved sequences in the *Drosophila mod(mdg4)* intron promote poly(A)-independent transcription termination and trans-splicing. *Nucleic Acids Res.* 46:10608-10618.

10. Реконструирована история появления и расселения хвойных деревьев на примере одной из основных лесообразующих пород Северного полушария – циркумбореального рода пихта (*Abies*)

Впервые реконструирован филогенез всех видов рода пихта Голарктики на основании комплексного анализа хлоропластной, митохондриальной и ядерной ДНК и с учетом палеонтологических находок (рис. 83). Установлено, что видообразование современных *Abies* началось около 17 млн. лет назад в Северной Америке, а в Евразию они проникли в ходе не менее чем четырех миграций в миоцене–плиоцене. Результаты расширяют представления об эволюции хвойных деревьев и служат основанием для оценки скорости эволюции и механизмов адаптации в меняющейся среде. (ИЭРиЖ УрО РАН, рук. д.б.н. В.Л. Семериков)

Публикация:

Semerikova S.A., Khrunyk Y.Y., Lascoux M., Semerikov V.L. From America to Eurasia: a multigenomes history of the genus *Abies* // *Molecular Phylogenetics and Evolution.* 2018. V. 125. P. 14-28. DOI: 10.1016/j.ympev.2018.03.009 [WoS; IF 4,41].

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Состояние и прогноз развития физиологических наук

Успехи медицины в значительной мере обусловлены накоплением новых фундаментальных знаний о функциях организма человека и животных. В современной жизни роль физиологии возрастает. Борьба с распространенными недугами, выводящими из строя подчас значительную часть населения, требует точного и оперативного знания о механизмах и особенностях функционирования каждого элемента организма человека и взаимоотношений всех элементов.

Анализ публикаций в области физиологии и отчета ОФ РАН за 2018 год позволяет говорить о продолжающемся переходе от описательной физиологии к модельно-молекулярной стадии, когда в основе любого исследования лежит молекулярная модель физиологического явления, и собственно эксперименты на разных уровнях доказывают или опровергают правильность предложенного физиологического механизма. Особенно ярко это видно в исследованиях в области физиологии крови, в исследованиях кортикоид-зависимых механизмов когнитивных нарушений, происходящих после повреждения мозга. Общая направленность на исследование молекулярных механизмов еще более усилило роль клеточных технологий и клеточных моделей в физиологии. Такие сложные физиологические процессы, как изменения при полетах в космос, оказалось возможным эффективно исследовать на клеточной модели влияния мезенхимальных стромальных клеток на регуляцию ангиогенеза при моделировании эффектов микрогравитации. Появление принципиально новой возможности проводить исследования протеомики, геномики, метаболомики на уровне одной клетки вместо применявшегося еще несколько лет назад анализа гомогената из разнородных клеток, представляет интерес для разработки проблем экспериментальной физиологии, клинической физиологии и медицины, существенно для регенеративной медицины и скрининга фармакологических препаратов. Для скрининга новых препаратов и определения их цитотоксичности будут использоваться тканевые модели из однородных клеток.

Активное развитие в РФ и во всем мире получило исследование функционирования клеток не с помощью введения сенсоров извне, а с помощью однократного изменения генома и продукции важнейших сенсоров работы клетки самой клеткой. Технологии с использованием генетически кодируемых сенсоров активнейшим образом применяются передовыми лабораториями и ожидается существенное расширение области их применения за счет развития технологий генетических коррекций патологий во всех областях физиологии. К этой же области относится и появление возможности редактирования генома не только у эмбрионов, но и у взрослых особей. Это направление только начинает развиваться, но эти методы будут активно востребованы физиологией всех направлений.

Выяснение молекулярных и клеточных механизмов функционирования всей системы, а не только отдельно взятых молекул или клеток органа и ткани, является основной задачей интегративной физиологии, роль которой в последние годы резко усилилась. Конечная задача физиологической науки – здоровье человека, а не управление одной функцией, поэтому крайне важны и активно ведутся исследования взаимозависимости структур организма. Основные тенденции таких исследований – использование методов «выключения» или «регулируемой» экспрессии определенных генов, а также нокаут генов, причем анализ проводится на уровне целого организма.

Основные новые направления физиологии зрения, слуха, обоняния и др. состоят в расшифровке субмолекулярных и молекулярных механизмов трансдукции внешнего сигнала в физиологический стимул, детальный анализ механизмов обработки информации на всех уровнях сенсорных систем, кодировки и опознания сенсорного образа. Эти фундаментальные знания лягут в основу создания принципиально новых методов диагностики, лечения, протезирования и профилактики наследственных и приобретенных заболеваний.

Исследования электрической активности мозга и связь с когнитивными процессами, развитие новых технологий открывают возможности разработки новых средств реабилитации и протезирования: роботизированные устройства, управляемые системами, использующими интерфейс «мозг–компьютер», мультимодальные сенсорные комплексы, воспроизводящие виртуальную реальность, всевозможные экзоскелеты с обратной связью или управлением от мозга. Совершенствование технологий создаст условия для обучения пациентов двигательным актам в ходе реабилитации, появления способности к самостоятельным активным движениям, возвращения возможности передвижения тем, кто прикован к инвалидным коляскам. Перечисленные выше направления исследований, развитие новых технологических подходов требуют интенсификации работ в области физиологии движений, гравитационной физиологии, биомеханики.

Одной из важных задач физиологии является проведение исследований, направленных на сохранение высокой работоспособности человека при обеспечении его безопасности в экстремальных и опасных для жизни условиях. Эти работы имеют значение для защиты национальных интересов при освоении космоса, мирового океана, полярных регионов, высокогорья.

Высоко востребованы в настоящее время и активно развиваются в Российской Федерации исследования в области новых подходов к анализу работы нервных сетей в разных условиях, включая патологию. Появившиеся методы имаджинга работы нервной сети с помощью генетически кодируемых сенсоров у свободно-подвижных животных дают принципиально новые знания о пластичности и работе мозга. Активная ориентация на создание искусственного интеллекта и применение принципов работы мозга в технике является двигателем в этой области физиологии. Следует ожидать прогресса в разработке теории и методологии управления функциями нервной системы, выяснение филогенетического формирования механизмов памяти, обучения и поведения с использованием методов молекулярной физиологии. Актуален раздел нейрона-

ук, связанный с раскрытием центральных механизмов организации и регуляции движений, формировании этих систем в индивидуальном развитии, особенно-стей при обучении патологии в экстремальных ситуациях. Будут развиваться исследования молекулярных механизмов нейро-дегенеративных заболеваний, различных форм деменции на моделях позвоночных животных.

В качестве перспективного нового направления развития физиологии следует отметить появление увеличивающегося в геометрической прогрессии количества работ в области эпигенетики. Эпигенетическая регуляция, которая совсем недавно считалась неспецифичной, сейчас является одной из основных тем исследования и при изучении на клеточном уровне, и при нарушении когнитивных способностей, поиске путей компенсации нейропатологий.

Важнейшие достижения

1. При повреждении и тромбозе в месте повреждения сосудов и активации системы свертывания крови образуются две субпопуляции активированных тромбоцитов: одни из них хорошо агрегируют, а другие - ускоряют реакции свертывания крови. Первые создают собственно тело тромба, а вот физиологическое значение вторых, прокоагулянтных тромбоцитов, динамика их образования и пространственное распределение в тромбе остаются неясными.

Используя трансмиссионную электронную микроскопию и конфокальную флуоресцентную микроскопию артериальных тромбов у мышей, мы показали, что прокоагулянтные тромбоциты расположены на периферии образовавшегося тромба. Они происходят из разных мест внутри тромба, а дальше в ходе его роста мигрируют к его периферии под действием сокращения (контракции) тромба (рис. 84). Такое перераспределение прокоагулянтных тромбоцитов ведет к образованию фибрина на поверхности тромба и его стабилизации, что позволит контролировать размер тромба и избежать его увеличения. Полученные результаты объясняют механизмы артериального тромбоза и будут использованы для разработки новых методов в терапии инфарктов. (ЦТП ФХФ РАН, профессор РАН М.А.Пантелеев)

2. Факальное повреждение мозга, происходящее при инсульте или черепно-мозговой травме, обычно сопровождается повреждением гиппокампа, в результате чего развиваются когнитивные нарушения и депрессивные расстройства (рис. 85). В ИВНД и НФ РАН установлено, что в основе этих нарушений лежит активация кортиколиберин-кортикотропиновой нейроэндокринной системы, опосредующей реакции стресса. Открытие этого механизма служит фундаментальной основой для предотвращения постинсультных и посттравматических когнитивных и депрессивных расстройств в клинике. (ИВНД и НФ РАН, д.б.н. Н.В. Гуляева).

3. Электрическая нестабильность миокарда, возникающая при краткосрочной интенсивной алкогольной интоксикации и сопровождающаяся тяжелыми клиническими исходами, получила название «Holidayheart» (рис. 86).

В НИИ фармакологии методом многоканальной полиэлектрокардиографии показано, что при этом синдроме распространение волны возбуждения по эпикарду предсердий характеризуется появлением очагов деполяризации в области устьях легочных и полых вен. Это отличает данную форму нарушения сердечного ритма от алкогольной кардиомиопатии, при которой аномальные очаги деполяризации возникают в области лакун легочных вен. Следовательно, профилактика и терапия этих двух форм аритмии сердца требует разной терапии. (НИИ фармакологии, академик РАН С.Б. Середенин).

Примечание: Методом полиэлектрокардиографии изучены электрофизиологические механизмы, лежащие в основе электрической нестабильности миокарда на модели синдрома “Holydayheart”, сформированного при краткосрочной интенсивной алкогольной интоксикации крыс-самцов. В отличие от алкогольной кардиомиопатии, при которой аномальные очаги деполяризации возникают в области лакун легочных вен, в условиях синдрома “Holydayheart” множественные аномальные очаги деполяризации локализуются вблизи устьев полых и легочных вен.

4. Изучено влияние мезенхимальных стромальных клеток (МСК) на регуляцию ангиогенеза при моделировании эффектов микрогравитации (96 часов). Показано, что микрогравитация активирует проангиогенные свойства МСК по сравнению с контролем, что проявлялось в более активном сосудообразовании в системе *inovo*, формировании большего числа капиллярноподобных структур в матрикеле, увеличении миграционной способности эндотелиальных клеток (рис. 87). Эти эффекты были обусловлены увеличением в МСК транскрипции генов, продукты которых активируют ангиогенез, включая *BDNF*, *CXCL*, *VEGFC*, *DKK1*, *FGF5*, *GDF10*, *VEGFA*. Анализ 55 белков, связанных с ангиогенезом, и иммуноферментный анализ среды культивирования выявили увеличение ангиорегуляторов SerpinE1, SerpinF1, IGFBP3, снижение TIMP-1 и увеличение IL-8 и VEGF. По-видимому, именно влиянием этих двух цитокинов объясняется стимулирующая паракринная активность МСК на ангиогенез при моделировании эффектов микрогравитации. (ИМБП РАН)

5. Изучены механизмы осознанной и неосознанной классификации человеком изображений живых и неживых объектов. Создана и обучена сверточная нейронная сеть, обеспечивающая распознавание этих классов объектов. Для эффективного взаимодействия человека и интеллектуального автомата нейронная сеть обучена по короткому отрезку электроэнцефалограммы (ЭЭГ) распознавать и классифицировать промелькнувшие в поле зрения оператора неосознанные размытые объекты. Собраны собственные базы данных для деятельности автономных устройств в самых разнообразных условиях – от применения в боевой обстановке, тренинга в спорте, до управления автотранспортом и работой в торговом зале супермаркета. (ИФ РАН)

На рисунке 88 слева показаны размытые нечеткие черно-белые изображения в сумерках тяжелой техники и человека (на практике приходится иметь дело

с менее четкими и сильно зашумленными объектами). Это изображение подается на многоуровневую нейронную сеть, особенность которой в том, что она имитирует черты первичных каскадов зрительной системы, обеспечивающих предварительную пространственно-частотную фильтрацию, облегчающую обучение и классификацию. Система включает оператора и его неосознанные реакции, регистрируемые в текущей ЭЭГ, которые могут служить подсказкой для обучения и работы нейронной сети.

6. Применение эпигенетического регулятора бутирата натрия (БН) достоверно улучшало образование долговременной памяти у животных с пониженной способностью к обучению, но при этом ослабляло уже прочно сформированную память. Кратковременное изменение экспрессии генов под влиянием эпигенетических регуляторов может избирательно влиять на реактивированную память (рис. 89). (ИВНД и НФ РАН)

7. Теоретические работы по моделированию потенциал-управляемых натриевых каналов и их взаимодействий с фармакологически значимыми блокаторами ведутся в течение ряда лет. В последние годы стали доступны структуры этих каналов, полученные методами рентгеноструктурного анализа и криоэлектронной микроскопии. Сопоставление этих структур с нашими моделями подтверждает правильность сделанных нами предсказаний. С высокой точностью предсказано строение участков канала, ответственных за связывание блокаторов и характер специфических взаимодействий блокаторов с каналом. (ИЭФБ РАН)

Натриевые каналы являются ключевым элементом в генерации и проведении нервных импульсов. Эти каналы блокируются как токсинами, так и соединениями, имеющими медицинское применение. Проведенное в 2018 году сопоставление недавно опубликованных экспериментальных структур со сделанными нами предсказаниями критически важных элементов натриевых каналов, ответственных за связывание блокаторов, показало высокую точность последних. (рис. 90)

8. На зоотропной модели у крыс показано, что лечение спиронолактоном имеет новую терапевтическую перспективу при возникновении рецидива злоупотребления алкоголем, снижает специфическое поведение поиска алкоголя и ассоциировано с высокой концентрацией маринобуфагенина в моче с параллельной активацией Na/K-АТФазы в крови, что позволит использовать эти показатели в качестве биомаркеров (рис. 91). (ИЭФБ РАН)

Публикация:

KashkinVA, ShekunovaEV, EgorovAY, BagrovAY. Marinobufagenin in Urine: A Potential Marker of Predisposition to Ethanol and a Target for Spironolactone. CurrHypertensRev. 2018; 14(1):35-38. doi: 10.2174/157340211466618021211558.

9. С помощью магнитно-резонансной томографии у космонавтов после завершения длительных космических полетов (6 месяцев) выявлены изменения функциональных связей между различными отделами головного мозга, вовлеченными в регуляцию локомоций (рис. 92). Наиболее выраженными эти изменения были в височном и париетальном отделах коры больших полушарий, вестибулярных проекциях коры и мозжечке. Особый интерес представляет существенное ослабление функциональных связей мозжечка с другими областями головного мозга. Указанные изменения были обратимыми, сглаживались через 6 месяцев после завершения космического полета, что свидетельствует об их функциональной природе. (ИМБП РАН).

10. Воспаление сопровождается угнетением транспортной функции лимфатических сосудов (ЛС) и лимфатических узлов (ЛУ), приводя к ослаблению лимфотока, замедлению доставки антигенов и антигенпрезентирующих клеток в ЛУ, и, как следствие, к замедлению развития иммунного ответа. Установлено, что при сепсисе ингибирование транспортной функции ЛС и ЛУ происходит за счет избыточной продукции оксида азота (NO) и простаглицина (PGI₂). Показано, что глюкокортикоиды (ГК) оказывают протективный эффект на транспортную функцию ЛС и ЛУ посредством ингибирования экспрессии индуцибельной NO-синтазы и циклооксигеназы-2 в эндотелиальных клетках ЛС и литоральных клетках субкапсулярного синуса ЛУ и предотвращения гиперпродукции ими NO и PGI₂. Установлены новые органы-мишени для ГК, показан новый механизм регуляции иммунного ответа глюкокортикоидами. Практическая значимость заключается в том, что выявленные эффекты ГК должны быть учтены при разработке схем лечения сепсиса и других тяжелых воспалительных заболеваний (рис. 93). (ИФ РАН)

Публикация:

Lobov G.I., Unt D.V. Protective Effect of Dexamethasone on Lipopolysaccharide-Induced Inhibition of Contractile Function of Isolated Lymphatic Vessels and Nodes. Bulletin of Experimental Biology and Medicine, 165(5), 602–605. DOI: 10.1007/s10517-018-4222-7.

11. Выполнена Пб фаза плацебо-контролируемого исследования особенностей действия, эффективности и безопасности применения оригинального противотревожного средства ГБ-115, подтвердившая полученные при проведении Па фазы характеристики действия препарата: сочетание анксиолитического эффекта со стимулирующим компонентом, быстрое развитие терапевтического действия, отсутствие специфических нежелательных и побочных явлений. Установлена высокая эффективность ГБ-115 при генерализованном тревожном расстройстве. Обоснована целесообразность проведения 3-й фазы клинических исследований препарата в качестве потенциального анксиолитического средства. (НИИ фармакологии)

12. Свертывание крови представляет собой тонко регулируемый пространственно-временной процесс, который приводит к образованию фибриновых сгустков, предотвращающих кровопотерю при повреждении сосудов. Чувствительность системы свертывания была ранее исследована без учета процессов диффузии. Чтобы исследовать его чувствительность к дефициту факторов свертывания в пространственной реакционно-диффузионной системе, мы объединили экспериментальный дизайн *in vitro* с математической моделью свертывания. Образование сгустка в плазме без тромбоцитов, дополненной фосфолипидами, активировали с помощью иммобилизованного на поверхности тканевого фактора. Рост фибринового сгустка и динамику концентрации тромбина в пространстве наблюдали с помощью видеомикроскопии в плазме здоровых доноров или пациентов с дефицитом факторов (F) II, FV, FVII, FVIII, FIX, FX или FXI. Данные моделирования и эксперимента показали, что порог по свертыванию зависит от концентрации тканевого фактора, а скорость распространения пространственного сгустка линейно коррелирует с концентрацией тромбина на фронте волны сгустка, но не с общей амплитудой волны тромбина. Пространственный рост сгустка в нормальной плазме на ранних стадиях не был ограничен ни скоростью реакций, ни скоростью диффузии, но на более отдаленных от места активации участках становится ограниченным диффузией. Напротив, рост сгустка всегда ограничивался диффузией в FV-, FVII- и FX-дефицитной плазме, а скорость реакции была лимитирующей в FVIII-, FIX- и FXI-дефицитной плазме. (ЦТП ФХФ РАН)

13. С помощью компьютерного моделирования *in silico* и биохимического анализа мутантов дрозофилы выявлены молекулярно-генетические мишени для снижения нейротоксичности кинуренинов. Кинуренины – продукты окислительной деградации триптофана – вовлечены в патогенез многих нейропатологий и нейродегенеративных болезней старения. Причина нейротоксичности кинуренинов – окислительный стресс, возникающий в результате гиперпродукции активных форм кислорода (АФК). Проведенные квантово-химические расчеты ауто-димеризации L-3- гидрокскинуренина (L-3НОК) и 3-гидроксиантралиновой кислоты (3НАА) выявили стадии димеризации и ее промежуточные продукты – источники АФК, которые могут рассматриваться как перспективные терапевтические мишени для снижения нейротоксичности, что актуально для использования в клинике психиатрии. Создана молекулярная модель фермента димеризации феноксазионсинтазы, вследствие мутационного повреждения которой происходит накопление L-3НОК. Как показал биохимический анализ, эта мутация приводит к снижению как общей антиоксидантной активности, так и перекисного окисления липидов при старении мутантов дрозофилы *cardinal*. (ИФ РАН)

14. В качестве радиотрейсеров для *in vivo* визуализации нейровоспаления предложены меченные короткоживущими изотопами фтор-18 ($T_{1/2} = 119,7$ мин), ($[^{18}F]FEtPbP$) и углерод-11 ($T_{1/2} = 20,38$ мин), ($[^{11}C]MPbP$) аналоги природного

соединения 4-О-метилхонокиола, специфически связывающегося с циклооксигеназой 2 (COX-2). Разработаны методы синтеза и очистки меченых соединений. Изучение распределения соединения $[^{11}\text{C}]\text{MPbP}$ в органах и тканях крыс Вистар с индуцированным нейровоспалением прямой радиометрией показало, что накопление радиотрейсера в продолговатом мозге и мозжечке выше, чем у интактных животных, а при введении целекоксиба, ингибитора COX-2 значительно снижалось. Высокое накопление $[^{11}\text{C}]\text{MPbP}$ в областях с повышенной экспрессией COX-2 свидетельствует о его способности связываться с этим биомаркером нейровоспаления. (ИМЧ РАН)

15. Рассмотрение бифидофлоры с позиции ассоциативного симбиоза человека позволило установить, что ключевая функция бифидофлоры в регуляции гомеостаза кишечного биотопа реализуется за счет образования функциональных кластеров, среди которых первая группа участвует в формировании цитокинового баланса, вторая - ответственна за микробное «распознавание» ассоциативных микросимбионтов и прямую защиту биотопа от патогенов, а третья необходима для поддержания барьерной функции энтероцитов в толстом кишечнике человека. (ИКВС УрО РАН)

16. Установлено прямое влияние свинцовой интоксикации на сократимость сердечных мышц в зависимости от степени физической нагрузки на отдельные структуры камер сердца. В экспериментах на изолированных препаратах миокарда (папиллярные мышцы и трабекулы) крысы в широком диапазоне диастолической длины показано, что свинцовая интоксикация вызывает существенные ухудшения сократительной функции миокарда: снижение активной силы мышечных препаратов на фоне падения скорости развития активной силы вследствие замещения части быстрых изоформ сердечного миозина более медленными и уменьшения величины пассивной (диастолической) силы препаратов. Установлен кардиозащитный положительный инотропный эффект кальций-содержащего биопротекторного комплекса на фоне свинцовой интоксикации. Полученные результаты важно учитывать при диагностике, лечении и профилактике токсического действия свинца, являющегося одним из значительных антропогенных факторов загрязнения атмосферы в крупных мегаполисах и в зоне металлургических предприятий. (ИИФ УрО РАН)

17. На примере данных пациентов с аритмогенной дисплазией правого желудочка показано, что кардинальные нарушения желудочковой реполяризации (изменение ее длительности и пространственной последовательности, вплоть до полной инверсии последней) могут не сопровождаться увеличением глобальной дисперсии реполяризации. Таким образом, величина глобальной дисперсии реполяризации (интервал Tpeak-Tend) не является основополагающей характеристикой процесса реполяризации желудочков, необходимо также анализировать пространственное направление реполяризации (T-вектор) и длительность потенциалов действия (интервал QT). (ИФ Коми НЦ УрО РАН).

Научно-практические результаты членов Отделения физиологических наук РАН

1. В Институте иммунологии создан принципиально новый класс препаратов для специфического лечения пыльцевой аллергии – аллерготропины. Это комплексные препараты на основе высокоочищенных аллергоидов пыльцы и синтетического высокомолекулярного иммуномодулятора Полиоксидония (рис. 94).

Для лечения аллергии, вызванной пылью березы, предназначен препарат Берпол, пылью полыни – Полпол, пылью тимopheевки – Тимпол. (рис. 95).

Аллерготропины не имеют аналогов в мире по эффективности и возможной широте использования для специфической иммунотерапии поллинозов, они превосходят все существующие отечественные и зарубежные аналоги (аллергены и аллергоиды пыльцы тимopheевки, березы, полыни) по иммуногенности и безопасности для организма при сохранении специфической активности и способности стимулировать выработку блокирующих антител. При применении аллерготропинов достигается стойкий терапевтический эффект при отсутствии обострений заболевания, снятие риска возникновения анафилактических реакций. Препараты обладают сниженными аллергенными свойствами (по сравнению с исходным аллергеном) и выраженными иммуногенными свойствами.

В настоящее время успешно проводятся клинические испытания этих препаратов. (ФГБУ “ГНЦ Институт иммунологии” ФМБА России, академик РАН Р.М. Хаитов)

2. Проведены исследования на центрифуге короткого радиуса (ЦКР) с использованием перегрузок направления «голова-таз» (+Gz) на уровне стоп до 2,0; 2,4 и 2,9 ед. для определения методов оценки оптимальных режимов вращений, контроля состояния человека и критериев оценки информативности методов применительно к проблеме использования искусственной силы тяжести (рис. 96).

Наиболее перспективными для профилактики негативных последствий микрогравитации являются режимы с максимальными величинами перегрузок до 2,0 и 2,9 ед. Создан задел для разработки комплексного подхода профилактики развития заболеваний сердечно-сосудистой системы с применением методов космической медицины. Вращения на ЦКР с режимом воздействия до +2,9 Gz могут быть актуальны при изучении механизма регуляции внутриглазной гидродинамики в патогенеза глаукомы. (ИМБП РАН, академик РАН О.И. Орлов)

3. Разработана диагностическая панель генетических маркеров (варианты генов *CHEK2*, *BRCA1* и *BRCA2*), которая может служить инструментом прогнозирования раннего рецидива и прогрессирования рака предстатель-

ной железы (РПЖ) после радикального лечения, а также прогнозирования раннего развития кастрационной резистентности, короткого ответа на гормональную терапию у больных метастатическим РПЖ. Наличие мутаций гена BRCA2 ассоциировано с более низкой чувствительностью к лучевой терапии. Миссенс-мутация I157T в гене CHEK2, распространенная именно среди славянской популяции больных РПЖ, является патогенной и ассоциирована с меньшими показателями выживаемости без биохимического рецидива. Данная мутация гена CHEK2 является клинически значимой именно для российской популяции больных, может использоваться для генетического консультирования больных и их родственников, определения чувствительности к PARP-ингибиторам у больных кастрационно-резистентным РПЖ. Таким образом, указанная диагностическая панель может быть применена для дополнительного назначения лекарственной или лучевой терапии после радикального лечения при локализованной и местно-распространенной стадии заболевания, а также применена для назначения дополнительного лечения у больных метастатическим кастрационно-чувствительным и кастрационно-резистентным РПЖ.

Преимущество разработки и сравнение с аналогами: Изученные маркеры BRCA1/2 и CHEK2 описаны ранее в литературе при РПЖ, а их выявление ассоциировано с риском развития данного заболевания. Однако до настоящего времени не получено убедительных данных относительно их прогностического влияния на отдаленные результаты лечения при разных стадиях РПЖ. Прогностическое значение BRCA1/2 изучено только на ранних стадиях РПЖ. Разработанная панель генетических маркеров (генов CHEK2 и BRCA2) в отличие от других геномных тестов (например, ARV7 для кастрационно-резистентного РПЖ или DECIPHER для прогнозирования риска рецидива и прогрессирования РПЖ после радикального лечения) имеет более широкое клиническое применение, так как может быть использована для выбора дополнительной адъювантной терапии после радикального лечения и выбора дополнительной опции лекарственного лечения у больных метастатическим кастрационно-чувствительным и кастрационно-резистентным РПЖ, получающих гормональную терапию.

Область использования разработки: у больных локализованным и местно-распространенным РПЖ, метастатическим кастрационно-чувствительным и кастрационно-резистентным РПЖ, а также у больных с прогрессированием заболевания после радикального лечения.

Форма внедрения разработки: включение в алгоритм обследования больных РПЖ и их родственников. (НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, член-корреспондент РАН В. Б. Матвеев)

Публикации:

Киричек А.А., Любченко Л.Н., Матвеев В.Б. Риск-адаптированный подход к скринингу рака предстательной железы. *Онкоурология*. 2018;14(2): 109–121. <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2018-14-2-109-121>.

Matveev V.S., Lubchenko L.N., Kirichek A.A. Association of germline mutations in BRCA and CHEK2 genes with the risk of biochemical relapse (BR) and biochemical

relapse free survival (BRFS) in patients with prostate cancer (PCa). 17th Meeting of the Association of Academic European Urologists (AAEU). 29.11–01.12.2018. Rome, Italy. p.20.

4. Синтезировано новое соединение АЛМ-802 в качестве потенциального блокатора 3-кетоацил коэнзим А-тиолазы (p-Fox-ингибитор). На стандартных экспериментальных моделях *invivo* выявлены антиишемическая и антиаритмическая активности АЛМ-802.

На рисунке 97 показано, что соединение АЛМ 802 по спектру и интенсивности кардиопротективной активности, включающей в себя антиаритмическое, антифибрилляторное и антиишемическое действие, превосходит эталонные препараты триметазидин и ранолазин. На модели субэпикардиальной ишемии у интактных крыс как соединение АЛМ 802, так и эталонные препараты проявляют значимую антиишемическую активность (рис. 97А). Однако в экспериментах, выполненных на той же модели, но на крысах с эндотелиальной дисфункцией, что существенно ближе к реальной клинической ситуации, только соединение АЛМ-802 проявляет значимую антиишемическую активность (рис. 97В). (НИИ фармакологии, академик РАН С.Б. Середенин)

Публикации:

1. Середенин С.Б., Мокров Г.В., Крыжановский С.А., Цорин И.Б., Столярук В.Н., Вититнова М.Б., Гудашева Т.А., Сорокина А.В., Дурнев А.Д., Жердев В.П., Алексеев К.В. Бис (метоксибензиламиноалкил)амины, обладающие кардиотропной активностью. Патент РФ №2624438. Приоритет от 17.02.2014

2. Крыжановский С.А., Лихошерстов А.М., Цорин И.Б., Столярук В.Н., Вититнова М.Б., Мокров Г.В., Гудашева Т.А. Скринингкардиотропной активности в ряду α , ω -диарилметильных производных бис-(ω -аминоалкил)аминов // Фармакокинетика и фармакодинамика. 2016. № 2. С. 10–13.

3. Барчуков В.В., Цорин И.Б., Вититнова М.Б., Шигабудинова Л.К., Крыжановский С.А. Изучение противоишемической активности представителя ряда α , ω -диарилметильных производных бис-(ω -аминоалкил)аминов – соединения алм-802 на модели острой эндокардиальной ишемии миокарда у крыс с эндотелиальной дисфункцией // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2018. Т. 81. № 5. С. 23.

5. Использование пучков протонов в клинике лучевой терапии рака по ряду причин является более предпочтительным по сравнению с фотонным облучением. Главной причиной большого интереса специалистов к применению протонных пучков в онкологической практике являются различия в распределении поглощённых доз облучения в теле пациентов при использовании электромагнитных и корпускулярных излучений. Высокая конформность дозового распределения по отношению к облучаемой мишени и большой выход леталей – двунитевых разрывов ДНК, позволяют рассматривать этот тип облучения перспективным для клинического применения, особенно при лечении радиационно-устойчивых опухолей.

Разработан принципиально новый подход к повышению биологической эффективности пучков протонов медицинского назначения и гамма-терапевтических установок. Подход основан на применении официального препарата, используемого в онкологической практике при лечении раковых заболеваний кроветворной системы (острые и хронические лейкозы). Обнаружено, что при введении препарата перед облучением клеток человека, ионизирующими излучениями (протонами, гамма-квантами), происходит трансформация большого количества одностранных разрывов ДНК в двустранные разрывы. Высокий выход таких тяжёлых повреждений в условиях влияния радиомодификатора обуславливает большую биологическую эффективность протонного и гамма-облучения. Этот эффект при действии пучка протонов сравним по эффективности с облучением ускоренными ионами углерода.

Преимущества разработки и сравнение с аналогами. Выполненная разработка имеет целью повышение терапевтического эффекта ионизирующих излучений электромагнитной и корпускулярной природы в клинике лучевой терапии рака. Метод основан на применении усиливающего агента при радиотерапии опухолевых заболеваний, направленного на повышении частоты образования двустранных разрывов ДНК в клетках человека. Такой подход позволяет повысить эффективность радиационного воздействия на опухолевые клетки, уменьшить локальную терапевтическую дозу облучения и снизить неблагоприятные побочные лучевые реакции. Аналогов разработанному методу в мировой практике нет.

Области практического использования. Результаты исследования являются обоснованием внедрения метода в клиническую практику лучевой терапии раковых заболеваний, особенно радиорезистентных форм опухолей головного мозга.

Форма внедрения разработки. Планируется сотрудничество с МНИОИ им. П.А. Герцена, МРНЦ им. А.Ф. Цыба- филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, ФГБУ «РНЦРР» Минздрава России, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России др.

Подана заявка (Регистрационный №2018140538) от 16.11.2018 г. на получение патента «Способ повышения частоты образования двустранных разрывов ДНК в клетках человека при радиационной терапии в условиях влияния радиомодификаторов». (ОИЯИ, член-корреспондент РАН Е.А. Красавин)

6. Целью проводимой работы является создание импортозамещающей технологии улучшающей результаты лечения больных с опухолями костей за счет компьютерного и виртуального моделирования хирургических вмешательств и аддитивных технологий. В основе метода лежат персональные данные пациента, на основании которых моделируется 3D-модель таза и опухолевого поражения, планируются на компьютере уровни резекции костей с учетом принципов радикальности, а также моделируется имплант для реконструкции образовавшегося костного дефекта. Следующим этапом создается прототипированная модель области операции и импланта посредством 3D печати для оценки био-

механических параметров реконструируемой зоны. После утверждения индивидуального дизайна импланта врачами клиницистами и инженерами-биомеханиками выполняется изготовление эндопротеза из порошка сплава титана с применением аддитивных технологий.

Разрабатываемые отечественные **системы индивидуального протезирования** позволят добиться прямой экономической эффективности, так как их себестоимость в 2–3 раза ниже зарубежных аналогов. Наиболее перспективными направлениями для аддитивных технологий в медицине являются: онкоортопедия, детская и взрослая ортопедия, травматология, челюстно-лицевая хирургия, нейрохирургия, ветеринария. (НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, академик РАН М.Д. Алиев, профессор РАН Э.Р. Мусаев).

Публикации:

1. Сушенцов Е.А., Мусаев Э.Р., Софронов Д.И., Неред А.С., Алиев М.Д. Компьютерные технологии и 3D-принтинг в лечении больных с опухолями костей таза. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2018. – т. 10. – №1, с. 29–32.

2. Степанова А.М., Мерзлякова А.М., Сушенцов Е.А., Софронов Д.И. Цифровая диагностика двигательных и постуральных нарушений у пациентов онкоортопедического профиля. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2018. – т.10. – №2, с. 55–59.

3. Софронов Д.И., Сушенцов Е.А., Мусаев Э.Р., Булычева И.В., Алиев М.Д. Эндопротезирование таза индивидуальным 3d-имплантом. Клинический случай. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2018. – т.10. – №3, с. 5–11

7. Изучение фенотипа злокачественных опухолей в процессе метастазирования

Краткое описание разработки. До настоящего времени оценка биологических характеристик опухоли, определяющих вариант лечения, зачастую основывается на анализе единичного образца опухолевой ткани, получаемого при дебюте заболевания. При этом известно, что внутриопухолевая гетерогенность, характеризующаяся наличием в пределах одного образования нескольких групп клеток (клонов) с различными биологическими характеристиками (морфологическими, генетическими, эпигенетическими, биохимическими), встречается при большинстве злокачественных опухолей, включая и рак молочной железы. В процессе эволюции опухоли, как естественной, так и происходящей под прессингом проводимой терапии, именно гетерогенность позволяет злокачественному новообразованию приобретать новые патогенные свойства, в итоге приводящие к дальнейшей прогрессии болезни. Фундаментальные механизмы, определяющие подобную «эволюцию» злокачественной опухоли, изучены крайне недостаточно. Оценка изменения молекулярных характеристик опухоли на этапах ее эволюции (в процессе терапии и при метастазировании) позволит приблизиться к пониманию механизмов развития первичной и приобретенной устойчивости опухоли к терапии, формированию метастатического потенциала и возможных причин неудачи доступных вари-

антов лечения. Это, в конечном итоге, должно привести к снижению эмпиричности назначения противоопухолевой терапии, повышению ее эффективности, а также выявлению подходов к преодолению резистентности к лечению.

Преимущества разработки и сравнение с аналогами. Планируемое исследование за счет доступности большого объема клинического материала позволяет ожидать оперативное получение результатов, определяющих направления разработки новых противоопухолевых препаратов.

Области коммерческого использования разработки. Фармацевтические компании, занимающиеся разработкой новых противоопухолевых препаратов. Лечебно-профилактические учреждения системы здравоохранения, включая частные медицинские центры, в которых внедрение индивидуализации лечения позволит улучшить отдаленные результаты при экономии бюджетных средств, за счет рационального применения таргетной (дорогостоящей) терапии.

Форма внедрения разработки. Определение направлений в разработке новых противоопухолевых препаратов. Полученные данные могут учитываться при формировании индивидуального плана лечения больных раком молочной железы.

(ГБУЗ МКНПЦ им. А.С. Логинова ДЗМ, профессор РАН Л.Г. Жукова).

8. Разработана концепция персонифицированного мониторинга рисков здоровью, основанная на оценке потенциально опасных физических факторов условий профессиональной деятельности и радиочастотной идентификации траектории работника при выполнении задач профессиональной деятельности.

Результаты физиолого-гигиенического мониторинга, сопоставленные с изменениями функциональных состояний работников, обеспечивают возможность на федеральном уровне решать задачи социально-гигиенического мониторинга с выявлением причинно-следственных связей между изменением здоровья и воздействием факторов условий профессиональной деятельности для своевременного принятия мер по устранению (минимизации) вредного воздействия.

За счет реализации достижений цифровых технологий стоимость персонифицированного мониторинга риска здоровью, реализуемого с помощью разработанной концепции, по сравнению с использованием индивидуальных дозиметров сокращается в 50-100 раз, а объем получаемой информации увеличивается в 10–20 раз. (ГНЦ РФ – ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, академик РАН И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов, С.П. Драган)

Публикации:

Способ персонифицированного мониторинга условий труда. Патент на изобретение RU № 2617598. Патентообладатель: ГНЦ РФ – ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, опубл. 25.04.2017 г.

Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Драган С.П., Солдатов С.К. Методологические основы персонифицированного гигиенического мониторинга // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2017. Т. 51. № 6. С. 53–56.

Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Драган С.П., Солдатов С.К. Методологические основы персонифицированного акустического мониторинга // Экология и промышленность России. 2018. №12.

9. Разработка комплексного поэтапного применения догоспитального системного тромболизиса и эндоваскулярной ангиопластики инфаркт-ответственной коронарной артерии (в стационарных условиях) в лечении острого инфаркта миокарда

Краткое описание разработки. Крайне высокая инвалидизация и смертность от острого инфаркта миокарда делает борьбу с этим заболеванием, наряду с медицинской, важной социальной проблемой. Сегодня усилия всех врачей направлены на проведение мероприятий, направленных, в первую очередь, на скорейшее восстановление нарушенного кровоснабжения сердца при этом заболевании. Для этих целей используют медикаментозные, рентгенэндоваскулярные и хирургические методы лечения. Наибольшее распространение сегодня получила рентгенэндоваскулярная ангиопластика инфаркт-ответственной артерии (ИОА), что позволило существенно улучшить результаты при лечении острого инфаркта миокарда. Однако ангиопластику ИОА можно выполнять лишь в условиях стационара, следовательно, до доставки больного в стационар сердце будет страдать от острого нарушения васкуляризации миокарда. Порой на это уходит несколько часов. Суть нашей разработки заключается в том, чтобы начинать лечебные мероприятия, направленные на восстановление нарушенного кровоснабжения сердца путем догоспитального системного тромболизиса уже на дому больного, продолжая в карете скорой помощи, и так доставлять больного в стационар. Тем самым, при успешном тромболизисе мы добиваемся значительного сокращения времени от начала заболевания до хотя бы частичного восстановления нарушенного кровоснабжения сердца. Далее, уже в стационарных условиях, больному следует выполнять диагностическую коронарографию, и при показаниях, ангиопластику ИОА, а при необходимости и других коронарных артерий.

Преимущества разработки и сравнение с аналогами. Преимуществом использования сочетанного догоспитального системного тромболизиса с последующей эндоваскулярной реваскуляризацией ИОА является сокращение периода острой ишемии миокарда у больных острым инфарктом миокарда, в результате чего уменьшается зона некроза и гибернированного миокарда, что позволяет сохранить лучшую функциональную способность миокарда, как на госпитальном этапе, так и в отдаленные сроки. В результате это будет опосредованно способствовать увеличению продолжительности и “качества” жизни, в том числе трудоспособности.

Несмотря на изначальную затратность разрабатываемого метода, в дальнейшем, за счет сохранения жизни и трудоспособности больных, а также существенного снижения потребности этих больных в стационарном лечении и приеме дорогостоящих лекарств, предполагается получение существенного социального и экономического эффекта.

После завершения клинических исследований разрабатываемая тактика может быть внедрена в скоруюпомощную и больничную сеть нашей страны.

Результаты внедрения в клиническую практику принесут значительный социальный и экономический эффект за счет снижения летальности и инвалидизации населения и более быстрого возврата людей к нормальной трудовой деятельности после болезни.

(Научно-практический центр интервенционной кардиоангиологии и кафедры интервенционной кардиоангиологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) и Станция скорой и неотложной медицинской помощи им. А.С. Пучкова Департамента здравоохранения города Москвы, академик РАН Д.Г. Иоселиани).

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Медицина и здравоохранение находятся в постоянном развитии, стимулом к развитию являются демографический переход, обусловленный увеличением продолжительности жизни людей, изменением их образа жизни, и связанное с этим старение населения, что в совокупности приводит к новым социальным и медицинским проблемам, в том числе к росту угроз глобальных пандемий, увеличению риска появления новых и возврата исчезнувших инфекций. Одно из главных мест в решении этих проблем занимают медицинские науки. Без их дальнейшего развития переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения вызывает сомнения.

Перспективы развития клинической медицины

1. В области акушерства, гинекологии, репродуктивной и перинатальной медицины: внедрение дистанционного мониторинга состояния здоровья беременных женщин; внедрение персонифицированного подхода в диагностике и лечении, в частности подбор и назначение препаратов при лечении онкологических и пролиферативных гинекологических заболеваний; внедрение современных быстрых (онлайн) малоинвазивных методов диагностики на основе масспектрометрии, хирургической навигации, диагностики с помощью структурного МРТ высокого разрешения; развитие генных технологий, в частности преимплантационного генетического тестирования, неинвазивного пренатального генетического тестирования, редактирования генома эмбрионов человека, поиск и использование генетических особенностей для персонализированной оценки рисков заболеваний и их лечения; разработка инновационных методик в области репродукции, в том числе с целью сохранения фертильности онкологических больных (*in vitro* дозревание ооцитов, трансплантация криоконсервированной яичниковой ткани) и применения клеточных технологий для сохранения фертильности (пересадка ядра ооцита, получение гамет из iPS клеток);

внедрение продуктов регенеративной медицины в области гинекологии и перинатологии (тканеинженерные конструкции, скэффолды, клеточные культуры); разработка тест-систем для оценки патогенности и резистентности возбудителей нозокомиальных и оппортунистических инфекций в акушерстве и неонатологии; разработка инновационных подходов к терапии заболеваний в гинекологии и репродукции на основании изучения секретотома и экзосомального транспорта.

2. В области хирургии: разработка и внедрение концепции персонифицированной хирургии на основе использования мининвазивных, эндоскопических, роботических и гибридных технологий; разработка и внедрение технологий 3D-предоперационного планирования, трекинга, интраоперационной навигации и дополненной реальности при проведении хирургических вмешательств, технологий искусственного интеллекта в диагностике хирургических заболеваний, технологий моделирования гемодинамики для прогнозирования риска развития осложнений в сердечно-сосудистой хирургии; разработка пациент-безопасных расширенных, органосохраняющих и органозамещающих хирургических вмешательств.

3. В области нейрохирургии: создание оригинальных технологических решений в области нейровизуализации с возможностью прижизненного изучения анатомии мозга, структуры проводящих путей, взаимосвязи кровообращения, метаболизма и функций мозга в норме и при патологии; получение новых данных о функциональной анатомии мозга, индивидуальных особенностях корковых и подкорковых взаимосвязей, ответственных за поддержание сознания и высшие психические функции, многовариантность представительства речевых функций, памяти, сенсомоторных актов; исследование механизмов пластичности мозга, перестройки структурно-функциональных взаимосвязей при острых и хронических заболеваниях нервной системы; разработка методов анализа больших массивов клинических, нейровизуализационных, гистологических, молекулярно-генетических и других данных на основе методов машинного обучения, развитие технологий-интерфейс-мозг-компьютер; разработка новых биосовместимых материалов и имплантов для реконструктивной нейрохирургии с использованием 3D-компьютерных моделей и аддитивных технологий; совершенствование методов рентгеновской компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии, позитронно-эмиссионной томографии, навигационных систем, оптических систем (микроскопов и эндоскопов), инструментов для микroneйрохирургии, эндоскопической и эндоваскулярной хирургии, роботизированных устройств для высокоточной дистанционной радиохимирургии и радиотерапии, роботов-ассистентов для перехода к персонализированным методам лечения нейрохирургической патологии.

4. В области онкологии: разработка и внедрение современных методик молекулярной генетики для решения задач онкологии в области диагностики и лечения злокачественных новообразований: внедрение геномных методов для

выявления новых мишеней для таргетной терапии и стратификации пациентов по группам риска, применение транскриптомных методов для прогноза риска рецидива, внедрение методов жидкостной биопсии для ранней диагностики и мониторингирования течения заболевания; развитие медицинской генетики в репродуктивных технологиях онкологии; разработка и внедрение подхода персонализированной медицины: применение методов индивидуальной фармакокинетики, геномного и транскриптомного анализа, иммуногистохимии, оценки устойчивости опухолевых клеток к лекарственной терапии; развитие технологий 3D биопринтинга: разработка новых материалов и технологий изготовления для замещения костных дефектов, разработка технологий функционализации 3D-конструктов лекарственными препаратами; развитие технологий ядерной медицины и лучевой терапии: персонализация лечения на основе геномных и транскриптомных методов лечения, разработка высокоточных методов лучевой терапии; разработка и внедрение новых лекарственных препаратов, в т.ч. радиоактивных фармацевтических препаратов, препаратов на основе онколитических вирусов, применение эпигенетической и иммунотерапии; разработка и внедрение новых схем лечения пациентов; совершенствование инструментария для доставки лекарственных препаратов: разработка новых средств точечной доставки химиопрепаратов, разработка новых схем введения, в т.ч. аэрозольных; развитие и применение технологий искусственного интеллекта для интерпретации результатов исследований; диспансеризация определенных групп взрослого населения России как инструмент раннего выявления злокачественных новообразований; просветительская работа по развитию онкологической настороженности у медицинских работников и населения России; модернизация системы регистрации персонализированных данных и контроля клинических процессов в профильных учреждениях Российской Федерации; внедрение в широкую практику методов телемедицины.

5. В области терапии: разработка принципов персонализированного подбора терапии на основе полного геномного секвенирования с применением математических моделей риска развития заболеваний в клинике внутренних болезней.

6. В области неврологии и нейронаук: разработка методов нейромодуляции, направленных на увеличение резервов мозга у лиц зрелого и пожилого возраста, обеспечение активного творческого долголетия; создание системы персонализированной нейрореабилитации на основе структурно-функционального картирования мозга и оценки потенциала нейропластичности у конкретного пациента; разработка методов молекулярного профилирования и идентификация специфичных и чувствительных биомаркеров поражения мозга с целью ранней и пресимптоматической диагностики социально значимых заболеваний нервной системы; разработка инновационных методов генной и клеточной терапии заболеваний нервной системы, в том числе у лиц из группы риска, реализация стратегии превентивной нейропротекции; создание

персонализированных нейронных матриц и нейросетей, дифференцируемых из индуцированных плюрипотентных стволовых клеток, для решения фундаментальных и прикладных задач (изучение патогенеза, поиск молекулярных мишеней, скрининг и подбор лекарственных препаратов); разработка и внедрение разнообразных нейроинтерфейсов, ассистивных технологий и технологий виртуальной реальности в лечении и реабилитации неврологических больных.

7. В области реаниматологии и реабилитологии: исследование причин и механизмов формирования хронических критических состояний при тяжёлых повреждениях головного мозга; влияние генетических факторов в развитии и структуре полиорганной недостаточности; разработка доказательных методик определения реабилитационного потенциала и восстановления витальных функций у пациентов с последствиями тяжёлых заболеваний и повреждений головного мозга; терапия и профилактика нарушений микробиоты при хронических критических состояниях; исследования в области нейрогастроэнтерологии, метаболической реабилитации, функциональной гемодинамики, респираторных технологий; изучение температурного баланса повреждённого головного мозга и эффективности краниocereбральной гипотермии в посткоматозном периоде; медицинское использование мехатроники, создание и адаптация мехатронных технологий для реабилитации пациентов; разработка и внедрение технологий реабилитации с использованием виртуальной реальности и биологической обратной связи; разработка организационно-методических принципов медико-социальной экспертизы и реабилитации пациентов с инвалидизирующими заболеваниями.

8. В области психиатрии:

1) в области психопатологии и клиники психических заболеваний: определение закономерностей возникновения и развития психических расстройств с учетом эпигенетических факторов, продромальных этапов заболевания, возрастных аспектов, индивидуальных особенностей, лекарственного патоморфоза; разработка и внедрение инновационных патогенетически обоснованных методов диагностики, персонифицированной терапии и прогноза эндогенных, нейродегенеративных и психосоматических заболеваний; развитие новых подходов к классификации психических расстройств, основанных на комплексе клинических нейробиологических параметров;

2) в области биомедицинских исследований: идентификация генетических и эпигенетических факторов, связанных с психическими расстройствами, идентификация биологических и психологических маркеров, а также особенностей поведения, связанных с психическими заболеваниями, в том числе на различных стадиях течения болезни, а также биомаркеров, общих для психических расстройств и других болезней; выявление корреляций различных паттернов молекулярно-биологических и психологических маркеров, связанных с формированием психических заболеваний с учетом возрастных, гендерных и социальных характеристик групп населения; разработка алгоритмов по внедрению в

практику инновационных нейроимиджинговых технологий изучения мозговых процессов (прижизненных методов визуализации структуры, метаболизма, кровотока и картирования функций мозга) при психической патологии.

3) в области разработки новых форм организации психиатрической помощи: проведение эпидемиологического скрининга с построением прогностических моделей, ориентированных на выявление следующих ожидаемых рисков: манифестации психических расстройств; развития зависимостей; формирования суицидального поведения среди населения; оценки социально-экономических последствий психических заболеваний; разработки системы маршрутизации пациентов, страдающих психическими расстройствами с привлечением полипрофессиональных алгоритмов реабилитации больных, включающих социальную и юридическую помощь.

9. В области офтальмологии: разработка новых методов ранней диагностики и мониторинга системных изменений нервных окончаний при сахарном диабете на основе лазерной конфокальной микроскопии роговицы; разработка принципиально новых методов хирургии роговицы и хрусталика на основе фемтолазерных технологий; разработка режимов проведения анти-VEGF терапии у пациентов с возрастной макулярной дегенерацией на основании генетической карты пациента.

10. В области ревматологии: изучение роли генетической предрасположенности на основании скрининга генома, генетического картирования, эпигенетических нарушений (метилование ДНК, ацетилование гистона), микроРНК, факторов внешней среды (инфекции, курение, питание, биомеханические и психологические стрессорные факторы) и патологии микробиома (кишечник, легкие и др.) в прогнозировании риска развития и ранней диагностики иммуновоспалительных ревматических заболеваний (ИВРЗ) у взрослых и детей, природы их гетерогенности (фенотипы и эндотипы), как клинико-иммунологических синдромов в аспекте взаимосвязи между аутоиммунными и аутовоспалительными компонентами патогенеза заболеваний; разработка новых биомаркеров (геномика, протеомика, метаболомика, пептидомика, гистомика) и методов визуализации (ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография, позитронно-эмиссионная томография и др.), позволяющих изучить динамику иммуновоспалительных процессов для прогнозирования эффективности (или «рефрактерности») к анальгетической, противовоспалительной и иммуномодулирующей терапии, риска коморбидных заболеваний (инфекция, кардиоваскулярная патология, злокачественные новообразования, остеопороз, психические нарушения, ожирение, нейродегенеративные заболевания и др.), характеристики типов ремиссии (клиническая, инструментальная, иммунологическая), создание предпосылок для персонификации терапии ИВРЗ в целом и у отдельных подгрупп пациентов; исследование новых внеклеточных («провоспалительные» цитокины и их мембранные рецепторы) и внутриклеточных (Янус киназы, фосфодиэстеразы и др.) «мишеней» для терапии

генно-инженерными биологическими препаратами (ГИБП) и «малыми» молекулами («таргетная» терапия); изучение эффективности и безопасности ГИБП и «малых» молекул, блокирующих различные механизмы воспаления, тканевой деструкции и боли (воспалительная, нейропатические и др.) при ИВРЗ; разработка методов клеточной терапии для восстановления иммунологической толерантности Т и В регуляторных клеток и разрешения (решолюции) воспаления на основе использования клеточной терапии; расширение показаний для назначения ГИБП, «таргетных» препаратов и их биоаналогов при ИВРЗ для улучшения прогноза при этих заболеваниях.

11. В области фтизиатрии: повышение эффективности лечения туберкулеза органов дыхания у детей и подростков путем разработки персонализированных подходов к лечению на основе сокращения сроков химиотерапии вследствие рационального использования противотуберкулезных препаратов и применения высокотехнологичных методов лечения (клапанная бронхоблокация), генотипирование штаммов микобактерий туберкулеза и нетуберкулезных микобактерий на территории РФ с целью изучения распространенности штаммов различных генетических кластеров, чувствительных к лекарственным препаратам, и штаммов с лекарственной устойчивостью; выявление генетического полиморфизма штаммов микобактерий у больных туберкулезом в сочетании с ВИЧ-инфекцией и его отличия от полиморфизма штаммов у ВИЧ-отрицательных больных туберкулезом; разработка и усовершенствование диагностических тест-систем раннего выявления туберкулеза на основе технологий ДНК-микрочипов, ПЦР в реальном времени, масс-спектрометрии, лазерной флуоресценции, иммунохимии, алгоритмов диагностики туберкулеза у пациентов на поздних стадиях ВИЧ-инфекции; испытание новых противотуберкулезных вакцин, обеспечивающих эффективную доконтактную и постконтактную профилактику, и новых противотуберкулезных препаратов на генетически различных по чувствительности к туберкулезу экспериментальных животных; разработка системы автоматической диагностики для выявления патологических объектов, включая очаги туберкулеза, за счет обработки медицинских изображений с использованием алгоритмов машинного обучения.

Перспективы развития медико-биологических наук

1. Разработка систем высокоселективной доставки диагностических и лекарственных препаратов в клетки мишени организма на основе наноконтейнерных систем, конъюгированных со специфическими векторами.
2. Геномное и эпигеномное профилирование для выявления молекулярных и клеточных механизмов патогенеза, разработки способов диагностики и профилактики менделирующих и мультифакториальных заболеваний.
3. Разработка способов патогенетического лечения наследственных болезней, а также методов генотерапии, включая генетические технологии редактирования генома соматических клеток.

4. Разработка технологий и тест-системы для диагностики наследственной патологии путем полногеномного/полноэкзомного анализа с использованием методов высокопроизводительного секвенирования генома человека и эффективного биоинформатического анализа.

5. Разработка подходов к управлению функциями гематоэнцефалического барьера на модели путем ко-культивирования эндотелиоцитов и астроцитов человека.

6. Разработка технологии прижизненной высокоселективной визуализации стволовых опухолевых клеток периглиомной зоны с целью повышения эффективности комплексной терапии глиобластом.

7. Формирование медико-биологического потенциала, обеспечивающего переход от превентивной диагностики заболеваний к новой области – к диагностике здоровья. Это обеспечивается заделом в области космической медицины, реализованным на уровне молекулярной аналитики здоровья. Результатом является метод метаболомного экспресс-профилирования, предоставляющего каждому человеку возможность объективного мониторинга состояния организма как основы технологии профилактики развития патологических процессов в организме.

8. Создание высокоэффективных лекарственных препаратов, обеспечивающих регенеративные процессы в органах и тканях на основе паракринных и структурных эффектов.

9. Разработка, клиническая валидизация и внедрение алгоритмов персонализации применения жизненно важных лекарственных препаратов (в т.ч. оригинальных отечественных) на основе фармакогенетических, фармакокинетических исследований, а также новых биомаркеров (микроРНК, транскриптомных, протеомных, микробиомных и т.д.) у пациентов с социально значимыми заболеваниями (прежде всего сердечно-сосудистыми, онкологическими). Изучение этнической чувствительности к жизненно важным лекарственным средствам в многонациональных регионах Российской Федерации на основе фармакогенетических исследований. Создание биобанка и регистра пациентов с неблагоприятными побочными реакциями применения жизненно важных лекарственных препаратов (в т.ч. оригинальных отечественных).

10. Получение новых данных о молекулярно-генетических, нейроиммунных и физиологических механизмах, лежащих в основе психоэмоционального стресса и индивидуальной устойчивости к стрессогенным воздействиям; систематизация центральных и периферических признаков достижения функционального оптимума организма и личности.

11. Нейрофизиологические исследования индивидуально-типологических особенностей интеграции центрально-периферических физиологических механизмов обеспечения интеллектуальной деятельности человека при работе на компьютере.

12. Картирование и идентификация генов наследственных болезней, в том числе с использованием полногеномного анализа. Изучение механизмов па-

тогенеза наследственных болезней, молекулярно-генетический, эпигенетический и биоинформационный анализ основных заболеваний человека.

13. Изучение механизмов генетической дифференциации российских популяций по условно нейтральным генам и генам наследственных болезней. Получение оценки груза и спектра наследственной патологии в различных популяциях населения России и разработка предложений по созданию региональных систем профилактики наследственной и врожденной патологии, развитию системы медико-генетического консультирования.

14. Изучение молекулярных и системных процессов различных форм патологии, включая дизрегуляторную патологию генома, а также патологию регуляторных систем на различных уровнях структурно-функциональной интеграции организма.

15. Изучение особенностей регуляторного взаимодействия сигнальных систем клетки, связанных с формированием молекулярных механизмов адаптации, и разработка инновационных методологий оптимизации и метаболического репрограммирования неспецифической резистентности организма в условиях нарушения функций систем жизнеобеспечения, что позволит создать комплексные программы медикаментозной и немедикаментозной профилактики нарушений механизмов адаптивного управления организма.

16. Получение новых данных о нормальных закономерностях и нарушениях антенатального и постнатального развития интегративных систем организма и их патологии послужит основой для разработки эффективных методов лечения и профилактики заболеваний эндокринной, иммунной и нервной систем.

17. Получение новых данных о клеточных и молекулярно-биологических механизмах патогенеза социально значимых заболеваний, в том числе дающих очень высокую летальность, – ВИЧ-инфекция, онкологические, сердечно-сосудистые заболевания, болезни иммунной, эндокринной систем организма.

18. Разработка системного подхода к анализу живых объектов путем комбинации методов геномики, транскриптомики, протеомики и метаболомики, био- и хемоинформатики.

19. Программное обеспечение и обработка данных, предназначенных для выявления мишеней действия лекарств и последующего компьютерного подбора веществ, воздействующих на выявленные мишени.

20. Создание новых диагностикумов, обладающих способностью предсказывать степень риска возникновения редких (орфанных) заболеваний.

21. Создание клеточных моделей генетически обусловленных предрасположенностью к раку печени и колоректальному раку, разработка методик тестирования противораковых лекарств на персонифицированных культурах клеток, создание банка клеточных линий.

22. Разработка новых технологических платформ клеточной терапии с использованием аутологичных клеточных препаратов, технологий создания тканеинженерных конструкций, биodeградируемых конструкций и имплантатов, способных с течением времени замещаться нормальной тканью, технологий

идентификации новых потенциальных мишеней, специфичных для опухолевой стволовой клетки.

23. Получение новых данных о выявленных фармакологических мишенях, основанных на изучении пептидных образований, участвующих в процессах нейротрансмиссии, мембранорецепторных взаимодействий, в трансдукции сигнала, что позволит подойти к избирательному синтезу экзогенных регуляторов.

24. Разработка оригинальных по структуре и механизму действия лекарственных препаратов (нейропсихотропных средств – транквилизаторов, ноотропов, антидепрессантов, нейролептиков, противоастенических средств, средств лечения алкогольной и наркотической зависимости, противомигреневых средств, средств лечения нейродегенеративных заболеваний, нейропротекторов), новых лекарственных средств для профилактики и лечения онкологических, сердечно-сосудистых заболеваний, болезней эндокринной системы и болезней обмена, болезней пищеварительной системы, экстремальных состояний, разработка новых иммунотропных препаратов, препаратов для регенеративной медицины.

25. Разработка новых молекулярных маркеров для диагностики, усовершенствование существующих и разработка новых подходов к ДНК-диагностике рака, диагностических систем в формате наночипов для определения опухолевых маркеров.

26. Усовершенствование и разработка новых технологий лечения злокачественных новообразований (лазерной терапии, фотодинамической терапии, химиотерапии с проведением терапевтического лекарственного мониторинга, биотерапии, клеточной терапии, нейтронзахватной терапии).

Перспективы развития профилактической медицины

1. Разработка фундаментальных проблем обеспечения профессионального здоровья и трудового долголетия работающего населения на основе изучения современных закономерностей и механизмов влияния факторов производственной среды и трудового процесса, в т.ч. при освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики; с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий.

2. Разработка научно-обоснованной стратегии по созданию условий для формирования здорового, социально эффективного образа жизни трудоспособного населения.

3. Разработка современной инновационной системы оценки и управления рисками развития профессиональных и производственно обусловленных заболеваний.

4. Разработка фундаментальных проблем экологии человека и гигиены окружающей среды как научной основы государственных мероприятий по охране здоровья населения России и обеспечения биобезопасности.

5. Разработка новых и усовершенствование существующих методов и критериев количественной оценки риска развития основных заболеваний человека и их прогноза.

6. Разработка научных основ формирования эффективной политики и стратегии в системе здравоохранения на основе комплексного научного анализа её деятельности и оценка динамики основных индикаторов здоровья населения. Обоснование оптимальных соотношений государственной, муниципальной и частной систем здравоохранения.

7. Разработка национальной системы эпидемиологического надзора за инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи.

8. Разработка алгоритмов прогнозирования, своевременного проведения противоэпидемических мероприятий на основе определения этиологической роли вирусов в структуре заболеваемости социально значимых, а также особо опасных инфекционных заболеваний.

9. Научное обоснование совершенствования гигиенических регламентов и оценки рисков при воздействии физических факторов с учетом развития технологического комплекса Российской Федерации.

10. Разработка системы оценки безопасности пищевой продукции, полученной с использованием ГМО, генной и белковой инженерии, синтетической биологии, поиск новых источников пищи.

11. Разработка технологий производства пищевых ингредиентов (аминокислот, изолятов белков, органических кислот и др.), получаемых из сырья животного, растительного и микробного происхождения. Разработка технологий производства микро- и макронутриентов.

12. Оценка физического развития и оптимизация питания различных возрастных групп населения России. Разработка здоровьесберегающих технологий на основе создания и применения витаминно-минеральных комплексов для различных половозрастных и профессиональных групп населения.

13. Мониторинг распространенности ожирения в различных возрастных группах населения Российской Федерации.

14. Разработка системы индексов оценки качества питания населения как индикаторов мониторинга и эффективности программ здорового питания.

15. Анатомо-антропометрический мониторинг физического статуса детского и взрослого населения России и разработка рекомендаций по оптимизации питания с целью здоровьесбережения и увеличения продолжительности жизни.

16. Разработка системы оценки физического и пищевого статусов, состояния микробиоты и адаптационного потенциала лиц зрелого и пожилого возрастов для оптимизации питания с целью поддержания уровня здоровья и создания условий для активного долголетия.

17. Разработка национальной стратегии оптимального питания.

18. Установление молекулярных механизмов действия и метаболизма загрязнителей пищевой продукции природного и антропогенного происхождения и пищевых добавок, установление биомаркеров воздействия и обоснование регламентов их содержания в пищевой продукции.

19. Разработка принципов и подходов к персонализированной диетотерапии социально значимых алиментарно-зависимых заболеваний.

20. Обоснование гигиенического нормирования факторов жизнедеятельности детей и подростков и факторов окружающей среды (включая гигиенические проблемы обеспечения безопасности товаров детского ассортимента).

21. Формирование комплекса профилактических мер по предупреждению развития и снижению уровня факторов, обуславливающих высокий риск развития основных заболеваний человека и их осложнений.

22. Разработка принципов и схем идентификации возбудителей острых и хронических инфекций, новых и возвращающихся инфекций, новых методов диагностики и расшифровки эпидемических вспышек.

23. Установление закономерностей сетевых систем естественного и приобретенного иммунитета, особенностей иммунного ответа в зависимости от генетических характеристик бактериальных и вирусных патогенов.

24. Разработка нового поколения вакцин против вирусных и бактериальных инфекций для включения в Национальный календарь профилактических прививок.

25. Создание технологий для быстрого и крупномасштабного производства пандемических вакцин.

26. Разработка современных высокотехнологичных методов индикации и идентификации эпидемически опасных патогенов паразитарной природы в разных биотопах среды обитания человека.

27. Разработка инновационных биомедицинских технологий создания медицинских иммунобиологических препаратов для профилактики, диагностики и лечения инфекционных, аутоиммунных, онкологических и аллергических заболеваний с использованием методов молекулярной биологии, генетики и иммунологии.

29. Разработка и создание новых антибиотиков, преодолевающих антибиотикорезистентность, а также нового поколения антибактериальных и противогрибковых лекарственных препаратов.

30. Разработка организационных технологий управления лекарственным обеспечением населения и учреждений здравоохранения в Российской Федерации.

31. Изучение закономерностей возникновения, становления и развития отдельных медицинских наук, медицинских специальностей и развития высшего медицинского образования в России.

32. Создание научной базы для планирования и прогнозирования развития медицинской науки и здравоохранения, принятия адекватных управленческих решений и повышения эффективности функционирования систем управления медицинской наукой на основе базы достоверных исторических данных.

Важнейшие достижения

1. Минимально инвазивное коронарное шунтирование без искусственного кровообращения

Ишемическая болезнь сердца является наиболее распространенным и опасным заболеванием, а коронарное шунтирование – эффективной и наиболее часто выполняемой операцией на сердце в мире при этой болезни. Представленная инновационная хирургическая технология позволяет выполнять операции множественного коронарного шунтирования через небольшой разрез (4-6 см) на работающем сердце у наиболее тяжелой категории больных с множественным атеросклеротическим поражением коронарных артерий. Чтобы обеспечить длительный, исчисляемый десятилетиями, результат операции, шунтирование всех сосудов сердца производят с помощью аутоартерий, не применяя менее долговечные трансплантаты из подкожных вен нижних конечностей. Результатом такой операции являются значительное уменьшение хирургической травмы, менее выраженный болевой синдром, сокращение почти вдвое (до 3–4 дней) времени пребывания пациента в стационаре после операции, быстрое (в течение 2–4 недель) восстановление физической активности и трудоспособности. Таким образом, при существенном снижении финансовых затрат хирургического лечения достигается максимальный и длительный клинический результат операции при ее несомненном экономическом эффекте (рис. 98).

Первые операции множественного коронарного шунтирования на работающем сердце без искусственного кровообращения через миниторакотомию выполнили в 2018 году в Российском Научном Центре Хирургии имени академика Б.В. Петровского д.м.н. профессор И.В. Жбанов, кандидаты медицинских наук И.З. Киладзе и В.В. Урюжников.

2. Линейка новых имплантируемых устройств на основе биосовместимых материалов

В ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России в 2018 году созданы генноинженерные сосудистые графты для потребностей сосудистой хирургии. Разработана и находится в стадии апробации целая линейка имплантируемых устройств на основе биосовместимых материалов: биопротезы аортального клапана для шовной и бесшовной фиксации, 3D – кольца для аннулопластики, ксеновенозный кондуит для детской кардиохирургии, артериальные биопротезы, клапансодержащие кондуиты, биологические «заплаты» для реконструктивной хирургии (рис. 99). На доклинической стадии разработки находится проект по клеточной кардиомиопластике в зоне постинфарктной рубцовой зоны. Суть методики состоит в генетической модификации аутологичных мезенхимальных стволовых клеток, формировании и откреплении пласта клеток, близких по своим характеристикам кардиомиоцитам, и трансплантации этого пласта на область экспериментального инфаркта. Начаты работы по созданию из пей-

смейкерных кардиомиоцитов, способных спонтанно генерировать и распространять потенциал действия, на основе кардиальной дифференцировки, индуцируемых плюрипотентных стволовых клеток.

Авторы проектов академик РАН Караськов А.М., член-корреспондент РАН Покушалов Е.А., д.м.н. Богачев-Прокофьев А.В.

Публикации:

Karaskov A.M et al. Clinical and hemodynamic results of bioprostheses UniLine using in aortic position //Kardiologia i Serdechno-Sosudistaya Khirurgia. – 2014. – Т. 7. – №4.

Кретов Е.И., Ломиворотов В.В., Караськов А.М. и др./ Результаты эндоваскулярного лечения аортального порока сердца у пациентов промежуточного хирургического риска/ Российский кардиологический журнал. № 23,11,44–50.

Pokushalov E.A., Karpenko A.A., Laktionov P.P. et al./ Mechanical properties and biological behavior of 3D matrices produced by electrospinning from protein-enriched polyurethane/ Biomed Res Int. 2018 Jun 26;2018:1380606.

Karaskov A.M., Laktionov P.P., Pokushalov E.A. et al./ 3Д матрицы, изготовленные из политриметиленкарбоната и его сополимеров: исследование физических и биологических свойств/ Гены и Клетки, т. 13, №3.

3. Разработка инновационных лекарственных препаратов для лечения основных сердечно-сосудистых заболеваний

В ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России разрабатываются инновационные оригинальные лекарственные препараты (рис. 100):

«**Оксаком**» – динитрозильные комплексы железа с глутатионом. Длительное сосудорасширяющее действие. В клинических испытаниях показал себя как эффективный и безопасный препарат, купирующий тяжелые гипертонические кризы. В перспективе рассматривается как препарат для лечения сердечной недостаточности (руководитель проекта академик РАН Е.И.Чазов).

«**Инграмон**» – ингибитор моноцитарного хемотаксического белка-1, подавляет воспаление в атеросклеротической бляшке. Профилактика острого коронарного синдрома у пациентов высокого сердечно-сосудистого риска, профилактика инсульта при наличии нестабильных атеросклеротических поражений в сонных артериях (руководитель проекта академик РАН Е.И.Чазов).

«**ПИК7**» – пептидный ингибитор киназы легких цепей миозина эндотелиальных клеток. Подавляет гиперпроницаемость эндотелия. Перспективный противоотечный препарат для борьбы с отеками мозга и легких различного генеза, а также в хирургии и трансплантологии для защиты органов и тканей при реперфузии после временной ишемии (руководитель проекта д.м.н. профессор В.П. Ширинский).

«**Рефралон**» – уникальный антиаритмический препарат, не имеющий равных по эффективности в мире. При внутривенном введении купирует мерцание и трепетание предсердий более чем в 90% случаев. Таблетированная форма препарата - для профилактики мерцания и трепетания предсердий

(руководители проекта академик РАН Л.В. Розенштраух и д.м.н. профессор С.П. Голицын).

4. Биомедицинские технологии в реконструктивно-восстановительной и пластической хирургии в РНЦХ им. ак. Б.В. Петровского

Одномоментное и комплексное устранение дефектов челюстей, возникшие вследствие различной, как приобретенной, так и врожденной патологии (травма, онкология и дефекты развития) сложными микрохирургическими ауто-трансплантатами на основе малоберцовой кости, в том числе с восстановлением зубного ряда на дентальных имплантатах и ортопедических конструкциях (рис. 101). Применение 3D моделирования в микрохирургии.

(РНЦХ им. ак. Б.В. Петровского, авторы: Р.Т. Адамян, А.С. Караян, Д.Н. Назарян, М.Б. Потапов, И.Н. Ляшев, М.А. Мохирев, А.С. Дикарев, Г.К. Захаров, А.В. Федосов).

За период 2008–2018 г.г. под наблюдением находилось 168 пациентов с разнообразными дефектами челюстей как приобретенного, так и врожденного генеза (онкология, травма, дефект развития). С патологией нижней челюсти наблюдались 111 пациентов, с верхней челюсти – 51 пациент. В результате научно-клинических исследований разработаны современные хирургические технологии, позволившие достигнуть полноценной реабилитации данных пациентов. В частности, проведение одномоментного замещение обширного дефекта челюстей реваскуляризированными с помощью микрохирургических технологий сложносоставных ауто-трансплантов на основе собственной малоберцовой кости.

С января по октябрь 2018 года у 12 пациентов такие операции выполнены с установкой дентальных имплантатов с одномоментной фиксацией временных зубных протезов и с предварительным 3D планированием в один этап. Во всех 12 клинических наблюдениях достигли 100% приживления лоскутов. Пациенты в настоящее время находятся на этапах подготовки к постоянному несъёмному протезированию и полному завершению их лечения.

5. Комплекс протонной терапии «Прометеус»

В МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, в г. Обнинск создан и введен в 2018 году в эксплуатацию комплекс для высокоточной радиотерапии онкологических больных тонким сканирующим пучком протонов на базе российской установки «Прометеус» (разработка ЗАО «ПРОТОМ», г. Протвино, рис. 102). Сердцем установки является малогабаритный синхротрон (диаметр 5 м, масса 20 т), который не имеет аналогов в мире.

Комплекс позволяет проводить протонную терапию больных с опухолями различных локализаций, включая опухоли головного мозга, саркомы основания черепа и примыкающих к шейному отделу спинного мозга областей, опухоли головы и шеи, простаты, лёгких, молочной железы и др. Терапия протонами позволяет сфокусировать пучок на опухоли, находящейся в глубине здоровой ткани, при этом риск облучения здоровых тканей минимальный, что

выигрышно отличает эту технологию от традиционных методов лучевой терапии. С 2017 года пролечено около 200 пациентов с локализацией опухолей в области головы-шеи.

Социально-экономический эффект в использовании комплекса заключается в повышении числа излечиваемых онкологических больных, уменьшении реабилитационного периода и более быстрой интеграции онкологических больных в социально-трудовую деятельность, сохранении возможности функционального развития при лечении детей с онкологическими заболеваниями. (МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, ак. РАН Каприн А.Д., член-корр. РАН Балакин В.Е.).

6. Новая технология персонификации терапии мозга: фарм-фМРТ

Разработана технология *фармакологической функциональной МРТ (фарм-фМРТ)* головного мозга, позволившая установить основные «мишени» воздействия нейрометаболических лекарственных препаратов (гиппокамп, теменно-затылочная область, ассоциативные волокна), а также обосновать персонализированный алгоритм обследования и лечения неврологических пациентов с учетом данных о первичной заинтересованности различных структур мозга.

Проводимая совместно с неврологическим и нейропсихологическим тестированием функциональная МРТ показала, что нейротропные препараты расширяют зоны активации в мозге; усиливают кровоток в гиппокампе и теменно-затылочной области; стимулируют возникновение новых зон активации в проекции ассоциативных волокон; улучшают когнитивные функции (рис 103).

В связи с этим нейровизуализационные фенотипы могут служить своеобразными маркерами при исследовании действия различных лекарственных веществ с помощью современных методик нейровизуализации, а также для установления эффективности лечения, зависимости доза-эффект и определения побочных явлений от препаратов. (ФГБНУ НЦН, М.М. Танащян, М.А. Пирадов, Р.Н. Коновалов)

Публикация:

Танащян М.М., Коновалов Р.Н., Лагода О.В. Новые подходы к коррекции когнитивных нарушений при цереброваскулярных заболеваниях. Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2018; 12(3): 30–39. DOI: 10.25692/ACEN.2018.3.4.

7. Инновационные технологии в терапии ревматических заболеваний у детей

Научно-исследовательским институтом ревматологии имени В.А. Насоновой достигнуты выдающиеся успехи в оказании медицинской помощи детям, страдающим ревматическими заболеваниями, с использованием ресурсов новейших инновационных методов фармакотерапии, что позволило разработать и внедрить систему применения генно-инженерных биологических препаратов (рис 104).

За 2017–2018 гг. была оказана высокотехнологичная медицинская помощь 799 детям с наиболее тяжелыми формами системных вариантов ювенильных артритов. Впервые в России установлены показатели терапевтического ответа при различных вариантах ревматических заболеваний у детей, учет которых позволяет обеспечить устойчивость эффекта и безопасность лечения с возможностью дифференцированного выбора оптимальной схемы терапии. Показано, что ранняя диагностика и своевременность назначения генно-инженерных биологических препаратов имеет первостепенное значение в достижении высоких показателей эффективности лечения детей с ювенильными артритами, позволяя улучшить их качество жизни и долгосрочный жизненный прогноз, предотвратить инвалидность и социально адаптировать от 70 до 96 % детей. (НИИР им. В.А. Насоновой, И.П. Никишина, М.И. Каледа, С.О. Салугина, О.М. Костарева, Е.С. Федоров)

Публикации:

1. Каледа М.И., Никишина И.П. Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2018. Т. 97. № 3 с. 141–148.
2. Никишина И.П. Костарева О.М. Научно-практическая ревматология. 2018. Т. 56. № 2 с. 138–143.

8. Участие России в международном проекте «Протеом человека» позволило впервые создать молекулярный цифровой образ здорового человека

В 2018 году были продолжены работы российского Консорциума в рамках международного проекта «Протеом человека». В Проекте принимают участие более двадцати стран, объединивших усилия для создания протеомной карты человека.

Российскими учеными предложена технология оценки состояния здоровья на основе биоаналитической масс-спектрометрии, потенциально востребованная как в повседневной жизни, так и в профессиональном спорте.

Разработанная в рамках проекта процедура полного цикла подготовки биологической пробы позволяет детектировать сигнал от молекул, представленных крайне низких концентрациях. Сотрудниками ИБМХ проведена не только регистрация белков-продуктов экспрессии генов хромосомы 18 человека (выбрана для исследования Российскими учеными в рамках проекта «Протеом человека»), но, самое главное – определены границы содержания белковых молекул в крови здорового человека.

Разработанная в ИБМХ технология высокопроизводительного точного измерения и регистрации сигнала в различных биологических материалах позволила включиться в антидопинговую борьбу, когда это было наиболее необходимо для российских атлетов, а затем и для спортсменов других стран мира.

Полученные результаты могут быть использованы для поиска биомаркеров, создания систем для диагностики ранних стадий социально значимых заболеваний и создания протеомного цифрового образа человека как в повседневной жизни, так и в профессиональном спорте. (ИБМХ, ак. РАН Арчаков А.И., ак. РАН Лисица А.В., д.б.н. Пономаренко Е.А.)

Публикация:

Increased Sensitivity of Mass-spectrometry by alkaline 2D-LC: It is Way to Deep Cover of Human Proteome in Gene-centric Mode.

9. Технологии полного излечения хронического гепатита В на основе систем CRISPR/Cas9 и внутриклеточных факторов иммунитета (рис. 105)

Сущность: хронический гепатит В – одно из самых распространенных инфекционных заболеваний в мире, от последствий которого ежегодно погибает более 1 миллиона человек. Причина хронического гепатита В – особая форма генома вируса. Разрушение генома вируса – ключ к полному выздоровлению пациентов. До недавнего времени, разрушить геном вируса было технически невозможно. ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии Роспотребнадзора» разработано 2 подхода к безопасному и высокоэффективному уничтожению всех форм генома вируса.

1. Разрушение генома вируса гепатита В.

Новизна: впервые в мире описана новая система сайт-специфических нуклеаз CRISPR/Cas9, которая может разрушать геном вируса (исчезновение до 99% вирусных частиц), но при этом не действует на геном человека (не определяется мутагенез генома человека, типичный для классических систем CRISPR/Cas9).

Значимость: полученная система CRISPR/Cas9 может быть использована для создания препарата для полного излечения пациентов с хроническим гепатитом В.

2. Активация внутриклеточных факторов иммунитета уничтожает вирус гепатита В.

Новизна: АРОВЕС-дезаминазы – факторы внутриклеточного иммунитета. Активация АРОВЕС-дезаминаз может специфическим образом разрушать геномы вируса гепатита В. Однако, добиться активации АРОВЕС-дезаминаз в клетках можно только при помощи сверхвысоких доз или опасных соединений, которые нельзя использовать в клинической практике. На основе модифицированных систем CRISPR/Cas9 нами разработан подход к целевой активации АРОВЕС-дезаминаз (от 6 до 3,000 раз) в клетках человека. В результате происходит гипермутация и разрушение геномов вируса. Разработанный подход не токсичен для клеток, что показано с помощью ряда методов по определению цито- и генотоксичности и методом прямого секвенирования человеческого генома.

Значимость: впервые в мире модифицированные системы CRISPR/Cas9 были использованы для разработки противовирусного подхода. Система подавляет вирусную инфекцию на 80–90%. Многочисленные исследования не выявили токсического действия. Указанный подход может быть использован как для создания препаратов против хронического гепатита В, так и против ряда других заболеваний вирусной природы. (ФБУН ЦНИИЭ, Костюшев Д.С., Брезгин С.А., Костюшева А.П., Чуланов В.П.)

Публикации:

Kostyushev D., Brezgin S., Kostyusheva A., Zarifyan D., Chulanov V. A novel CRISPR/Cas9-based approach to transient activation of intracellular host restriction factors results in strong suppression of hepatitis B virus and degradation of cccDNA. *Journal of Viral Hepatitis*. V. 25, Issue S2, 2018.

Kostyushev D., Kostyusheva A., Brezgin S., Zarifyan D., Utkina A., Goptar I., Chulanov V. Suppression of NHEJ pathway using DNA-PKcs inhibitor NU7026 prevents degradation of HBV cccDNA cleaved by CRISPR/Cas9. *Scientific Reports* (second peer review).

Kostyushev D., Brezgin S., Kostyusheva A., Zarifyan D., Goptar I., V Chulanov V. Orthologous CRISPR/Cas9 systems for specific and efficient degradation of covalently closed circular DNA of hepatitis B virus. *Cellular and Molecular Life Sciences* (second peer review).

10. Разработка высокопроизводительной методики секвенирования для выявления лекарственной устойчивости ВИЧ

В ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии Роспотребнадзора» была разработана методика, которая позволяет с помощью секвенирования следующего поколения осуществлять исследования лекарственной устойчивости вируса иммунодефицита человека значительно дешевле и быстрее. Кроме того, анализ является более информативным.

Созданная методика позволяет провести исследование 96 пациентов в течение рабочей недели (существующие аналоги позволяют проанализировать не более 24 пациентов), при этом занятость оператора составляет менее одного рабочего дня (при использовании существующих коммерческих продуктов занятость оператора при анализе 24 пациентов составляет 2 рабочих дня).

Благодаря использованию современной технологии секвенирования точность анализа превосходит существующие аналоги.

При этом себестоимость исследования оценивается приблизительно в 4 000 рублей за один анализ, в то время как существующие отечественные коммерческие продукты определяют стоимость приблизительно в 10–15 тысяч рублей, а зарубежные более чем в 20 000 рублей.

Разработанная технология позволит не только повысить качество оказания медицинской помощи лицам, живущим с ВИЧ, но и выполнять научные исследования в области молекулярной эпидемиологии ВИЧ-инфекции на гораздо более продвинутом уровне (рис. 106). (ФБУН ЦНИИЭ, академик РАН В.В. Покровский, научные сотрудники: Н. Н. Ладная, Д.Е. Киреев, О.Г. Юрин, А.Э. Лопатухин, И.А. Лаповок)

Публикации:

DE Kireev, AE Lopatukhin, AV Murzakova, EV Pimkina, AS Speranskaya, AD Neverov, GG Fedonin, YuS Fantin, GA Shipulin. Evaluating the accuracy and sensitivity of detecting minority HIV-1 populations by Illumina next-generation sequencing. *J Virol Methods* 261 (2018) 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2018.08.001>.

Fedonin GG, Fantin YS, Favorov AV, Shipulin GA, Neverov AD. VirGenA: a reference-based assembler for variable viral genomes. Brief Bioinform. 2017 Jul 28. doi: 10.1093/bib/bbx079.

Лаповок И.А., Лопатухин А.Э., Киреев Д.Е., Казеннова Е.В., Лебедев А.В., Бобкова М.Р., Коломеец А.Н., Турбина Г.И., Шипулин Г.А., Ладная Н.Н., Покровский В.В. Молекулярно-эпидемиологический анализ вариантов ВИЧ-1, циркулировавших в России в 1987–2015 гг. Терапевтический архив. 2017. Т. 89. № 11. С. 44–49.

Киреев Д.Е., Мурзакова А.В., Лопатухин А.Э., Покровская А.В., Шемшюра А.Б., Кулагин В.В., Шипулин Г.А., Покровский В.В. Оценка эффективности определения длительности ВИЧ-инфекции путем анализа генетической вариабельности вируса. Инфекционные болезни. 2017; 15(2): 61–66. DOI: 10.20953/1729-9225-2017-2-61-66.

Kireev DE, Lopatukhin AE, Neverov AD, Fedonin GG, Shemshura AB, Saukhat SR, Shipulin GA. Development of Molecular Technique for Deep Sequencing of Almost Full HIV Genome // AIDS Res Hum Retroviruses. 2014 Oct; 30 Suppl 1:A182. doi: 10.1089/aid.2014.5388.abstract.

11. Оригинальный гликопептидный антибиотик Эремомицин для лечения псевдомембранозного колита

Впервые в России реализован совместный проект по разработке оригинального антибактериального препарата Эремомицин для лечения тяжелой внутрибольничной инфекции – псевдомембранозного колита, вызываемого *Clostridium difficile*. В реализации проекта, помимо сотрудников НИИНА, принимала участие команда разработчиков ООО «Технология лекарств» и специалисты нескольких научно-внедренческих организаций и научно-исследовательских институтов.

- завершены углубленные доклинические испытания;
- показано, что эремомицин в 7 раз активнее ванкомицина в отношении резистентных бактерий;
- установлено, что активность эремомицина в отношении различных штаммов ***Clostridium difficile*** в 70 раз превосходит активность метронидазола и в 8 раз превышает активность ванкомицина – препаратов выбора при лечении псевдомембранозного колита;
- разработана пероральная лекарственная форма;
- получено разрешение Министерства здравоохранения РФ на проведение 1 фазы клинических исследований.

(НИИНА, руководитель проекта – д.х.н., профессор РАН Щекотихин А.Е.).

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Науки о Земле исследуют широчайший круг проблем – от зарождения и эволюции Земли, ее внутреннего строения, физики и химии происходящих в ее

недрах процессов до вопросов экологической и энергетической безопасности Российской Федерации, рационального природопользования, проблем глобальных изменений природной среды и климата. Решение этих задач определяет возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы. В 2018 году значительные усилия были направлены на решение проблем изучения и освоения ресурсов Мирового океана, Арктики и Антарктики, исследование и оценку нефтегазоносности Арктической зоны Российской Федерации, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, на развитие спутниковых технологий исследования Земли.

Новые фундаментальные знания не только создают базис для развития наук о Земле, но и способствуют решению важнейших прикладных задач, среди которых: развитие минерально-сырьевой базы, поиск и разработка нетрадиционных запасов энергоресурсов, безопасная и ресурсосберегающая разработка недр, прогноз и предупреждение опасных катастрофических природных и техногенных явлений, адаптация к изменениям окружающей среды и климата. Важное место занимает мониторинг процессов антропогенного воздействия на природу и ее реакции на это воздействие, определение предельно допустимых техногенных нагрузок на среду обитания человека, оценка накапливаемого экологического ущерба, выработка рекомендаций и способов безопасного обращения и консервации в природных резервуарах особо опасных химических и радиоактивных отходов. Особое значение в научном, прикладном, экономическом и геополитическом отношении имеют исследования в Арктике, Антарктике, в районах Севера и Дальнего Востока.

Такое разнообразие проблем и задач, стоящих перед науками о Земле, требует привлечения последних достижений в области физики, химии, математики и других наук; комплексирования усилий ученых, работающих в геологических, геофизических, геохимических, горных и географических науках, изучающих атмосферу, воды, суши, Мировой океан. Приобретают все большую практическую актуальность фундаментальные комплексные исследования процессов, протекающих в глубинах мантии, взаимодействия коры и мантии, мантии и ядра. Активно ведутся работы по изучению глубинного вещества Земли, поступающего на поверхность — алмазов и включений в них, ксенолитов мантийных пород и минералов, расплавных и флюидных включений в магматических породах. Постановка этих исследований требует использования тонких инструментальных методов элементного, изотопного и изотопно-молекулярного состава на микроскопическом уровне. Здесь мы все еще отстаем от мирового уровня, в первую очередь из-за длительного отсутствия обновления лабораторного оборудования.

Решение поставленных в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации задач, связанных с проблемами экологии и охраны окружающей среды, требуют принятия неотложных организационных решений. Это задача государства, но такие отрасли наук о Земле, как геофизика, геоэкология, геодинамика, геохимия и химико-аналитическая наука могут сыграть

огромную роль в организации качественного мониторинга, в оценке рисков и снижении потерь.

Одним из ключевых приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации, определенных Президентом Российской Федерации и Правительством страны, является «Связанность территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятие и удержание лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики».

Одной из насущных задач в этой связи является оценка состояния морских биологических ресурсов. Исследования последних лет показали, что промысловый потенциал ограничен, а в ряде случаев уже исчерпан. Основные современные тенденции развития морского промысла – активный выход за пределы 200-мильных зон в открытые районы Мирового океана и происходящая в мире переориентация на добычу нетрадиционных объектов, основная часть которых используется как «фураж» для обеспечения развивающегося аквакультурного хозяйства. Оценены запасы и возможности промысла двух важнейших океанических биологических ресурсов – антарктического криля и мезопелагических рыб. Здесь необходимо обратить внимание на происходящее деление открытых акваторий Мирового океана на сферы влияния и усиливающийся жесткий контроль за использованием биологических ресурсов в этих районах со стороны международных органов. Ключевым фактором, открывающим стране доступ к промыслу биоресурсов в этих водах и участию в их квотировании, становится проведение исследований, направленных на изучение структурно-функциональной организации региональных экосистем, их охрану и безущербное использование ресурсного потенциала, что установлено целым рядом международных документов, выработанных под эгидой ООН. Те же жесткие экологические требования предъявляются международными органами к странам, ведущим разведку и добычу минерального сырья (полиметаллических сульфидных руд, железо-марганцевых конкреций, кобальто-марганцевых корок). Имеет место огромное, накопившееся в последние 20 лет, отставание России от ведущих стран в экосистемных исследованиях Мирового океана, в связи с чем необходимо создание соответствующей государственной научной программы, которую могут выполнить во взаимодействии научные организации различных министерств. Без результатов активных исследований в этом направлении Россия не будет полноправно участвовать в формировании международной политики в использовании и квотировании добычи биологических и минеральных ресурсов открытого Океана и не получит необходимого доступа к этим ресурсам. Исследования экосистем открытого океана критически важны для ресурсодобывающих (Росрыболовство, Министерство природных ресурсов) и внешнеполитических ведомств.

В Арктике расположены основные запасы природных богатств, от использования которых зависит настоящее и будущее нашей страны. Развитие Ар-

ктической зоны Российской Федерации - это системная задача, включающая решение экономических проблем в неразрывной связи с ускоренным, по сравнению со среднероссийскими показателями, прогрессом в области науки, образования, здравоохранения и культуры.

Исходя из национальных интересов России в Арктике, проводятся комплексные научные исследования, направленные на обеспечение рационального природопользования и развитие Северного Морского пути с соблюдением гидрометеорологической и экологической безопасности в условиях меняющегося климата. Важнейшее место в исследованиях уделяется текущим и прогнозируемым изменениям в характеристиках атмосферы, вод Северного Ледовитого океана и речного стока, криосферы, а также производных от этих изменений. Крайне важны изменения интегральных факторов, влияющих на деятельность человека: штормовая активность, береговая эрозия, деградация вечной мерзлоты, опасные ледовые явления и др.

При реализации задач Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года необходимо уделить особое внимание следующим проблемам:

- экономико-географическому районированию арктических территорий с выделением не менее 4 субрегионов (Европейский арктический, Западно-Сибирская Арктика, Якутская Арктика и Дальневосточная Арктика);
- изучению вопросов, связанных с делимитацией Морской Арктики по секторальному и конвенционному признакам в интересах Российской Федерации;
- разработке методов прогноза динамики ледового покрова Северного Ледовитого океана в условиях глобального потепления климата, определению возможных траекторий Северного Морского пути для транзитного судоходства с экономическими последствиями для России.

Данные подходы должны быть «красной нитью» отражены в федеральных законах «О развитии Российской Арктики», «О приграничных территориях», «О Северном морском пути» и других государственных документах. Для их реализации необходимо вернуться к программно-целевому методу финансирования арктических исследований путем создания Комплексной научно-технической программы (КНТП) «Природная среда Арктики», которая должна состоять из координированных и взаимосвязанных научных, научно-технических и инновационных проектов, являющихся частями полного инновационного цикла: от получения первичных данных, их научного осмысления, совершенствования и развития диагностических и прогностических моделей и разработки критических технологий рационального природопользования до практического использования результатов. Участниками разработки и реализации такой программы должны стать научные организации различной ведомственной принадлежности и высшие учебные заведения, имеющие научные достижения и компетенцию в исследованиях полярных регионов, разработке современных методов диагноза и прогнозирования погоды, климата и состояния морей в Арктике.

Основной целью КНТП должно стать достижение следующих результатов:

- разработка и внедрение единой национальной системы сбора, обработки, хранения и обеспечения доступа к первичной информации о природной среде Арктики, полученной организациями различной ведомственной принадлежности;
- усовершенствование существующих и разработка новых методов диагноза и прогноза текущего и климатического состояния природных сред Арктики (от ионосферы до придонных вод арктических морей);
- повышение эффективности проведения исследований в полярных регионах за счет координации и межведомственной кооперации;
- повышение эффективности международного сотрудничества в Арктике с сохранением лидирующих позиций России в исследованиях полярных регионов Земли;
- сохранение уникальных экологических систем Арктики;
- повышение эффективности использования Северного Морского пути.

Активное участие в создании этой программы должен принять Научный совет РАН по изучению Арктики и Антарктики.

В этой связи важно отметить важнейшие результаты, которые уже получены российскими учеными, работающими в области наук о Земле, по арктической тематике.

В 2018 году завершилось создание новой Тектонической карты Арктики (в циркумполярной проекции), работа над которой продолжалась с 2008 года при поддержке Комиссии по геологической карте Мира при ЮНЕСКО. Карта основана на новых данных, полученных в результате геофизических работ, геологического изучения Арктических островов и прилегающей суши, опробования океанического дна ранее слабоизученной Центральной части Арктического океана. В результате представлена современная модель Арктики, которая отражает согласованное представление международного научного сообщества о тектоническом строении этого региона и его геодинамическом развитии. Доказана континентальная природа поднятия Менделеева и котловины Подводников и их генетическая связь с шельфовыми структурами Восточно-Сибирской окраины Евразии. Новая карта важна в качестве доказательной базы при решении геополитических вопросов, связанных с делимитацией внешней границы континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане. Работа над картой проводилась в рамках проведения работ по сводному и обзорному картографированию территории суши Российской Федерации Государственного задания Федерального Агентства по недропользованию Российской Федерации (Роснедра). (ВСЕГЕИ).

Опубликована коллективная монография «Geologic structures of the Arctic Basin», Springer, 2018 (под редакцией чл.-корр. РАН Каминского В.Д., д.г.-м.н. Поселова В.А., д.г.-м.н. Пискарева-Васильева А.Л.), содержащая полное описание геологических и геофизических данных по строению земной коры в Арктическом бассейне. Издание включает в себя детальное описание полученных кернов и образцов пород, анализ наблюдаемых геофизических аномалий и ги-

потезы происхождения структур глубоководной части Северного Ледовитого океана. (ВНИИОкеангеология, СПбГУ).

Обработаны результаты двух морских глубоководных арктических экспедиций на научно-исследовательской подводной лодке (НИПЛ) в Северном Ледовитом океане в районе поднятия Менделеева, проведенных в предыдущие годы в рамках программы глубоководных геологических исследований, разработанной Геологическим институтом РАН, Главным управлением глубоководных исследований Министерства обороны Российской Федерации и ЗАО «Геолого-геофизическая служба ГИН РАН». В настоящее время завершены петрографические, микроскопические, литолого-фациальные, рентгенофазовые и петрохимические анализы, измерения концентраций редких и рассеянных элементов методом ICP MS, расчеты отношений стабильных изотопов собранных образцов. Для определения условий и времени формирования осадочных толщ проведены обширные палеонтологические исследования образцов. Образцы магматических пород были исследованы U-Pb и Ar-Ar методами геохронологии.

Научные результаты, полученные разными и независимыми методами российских ученых, однозначно доказывают континентальное происхождение поднятия Менделеева.

Характер напластования выделенных толщ разреза и литологические особенности пород, их образующих – доломитов, известняков, песчаников и кварцитопесчаников – свидетельствуют о том, что осадочный разрез поднятия образован в мелководных континентальных условиях эпиплатформенного моря.

Микропалеонтологическое изучение палеофауны и палеофлоры в осадочных породах показывает, что осадочный чехол фундамента был сформирован в нижне-среднепалеозойское время (400–350 млн лет назад) задолго до того, как в Арктике началось раскрытие океана (150 млн лет назад).

Определение возраста цирконов из вулканических пород, отобранных из коренных обнажений поднятия Менделеева, методом U-Pb изотопной геохронологии 110–114 млн лет, свидетельствует о том, что лавы изливались на поверхность размытых осадочных пород после длительного перерыва. Геохимические особенности этих пород указывают на то, что их расплавы формировались под континентом. По возрасту, изотопно-геохимическим параметрам и пространственному положению вулканыты поднятия Менделеева принадлежат высокоширотной магматической провинции HALIP.

Эти результаты и выводы были доложены на 46-й сессии Комиссии по границам континентального шельфа ООН в Нью-Йорке в феврале 2018 года в дополнение и в защиту материалов частичного пересмотренного Представления Российской Федерации в отношении континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане; они были одобрены и приняты для дальнейшего рассмотрения экспертами Комиссии. (ГИН РАН, ИГМ СО РАН, ИГЕМ РАН, ВСЕГЕИ)

Поскольку в глобальной перспективе наметилась устойчивая тенденция разработки ресурсов стратегических металлов в Циркумполярной зоне, а

Российская Арктика – это крупнейший поставщик стратегических металлов на внутренний и внешний рынок, то для разработки направлений геологоразведочных и научно-исследовательских работ (ГРП и НИР) большой интерес представляет сравнительный анализ тенденций развития материально-сырьевой базы стратегических металлов арктической зоны России и других стран. В этой связи учеными ИГЕМ РАН проанализирован и обобщен представительный материал, позволяющий оценить развитие арктических ресурсов стратегических металлов в глобальной перспективе. Показано, что минерально-сырьевой потенциал Арктического циркумполярного металлогенического пояса в основном определяется наличием крупных и уникальных месторождений цветных, благородных и редких металлов. Сделаны выводы о перспективных для промышленности типах месторождений стратегических видов минерального сырья в Арктической зоне Российской Федерации. Новые месторождения стратегических металлов (золота и висмута) открыты на Северо-Востоке России. (ИГЕМ РАН, СВКНИИ ДВО РАН)

Завершена работа по созданию современной прогнозно-минералогической карты Российской Федерации и ее континентального шельфа масштаба 1:2 500 000, а также карт закономерностей размещения большеобъемных черносланцевых месторождений золота и золото-медно-порфировых месторождений масштаба 1:2 500 000». Наиболее важным научным результатом являются новые данные по изотопным системам ($^3\text{He}/^4\text{He}$, $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, $^{65}\text{Cu}/^{63}\text{Cu}$, $^{62}\text{Ni}/^{60}\text{Ni}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, $^{206-208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, Lu-Hf, U-Pb, Re-Os), в том числе, в породах и рудах золото-медно-порфировых, медно-платиново-никелевых месторождений Норильского района и других регионов, что позволило предложить новые закономерности их размещения и формирования. (ВСЕГЕИ)

На основе обобщения и комплексной интерпретации материалов сейсмоки, глубокого бурения, биостратиграфических, сиквенс-стратиграфических, литологических, геохимических, палеогеографических исследований построена новая геологическая модель Западно-Сибирского сектора Арктической зоны России, выполнена детальная историко-геологическая характеристика нефтегазогенерационного потенциала юрских отложений и уточнена оценка перспектив нефтегазоносности. Показано, что Западно-Сибирский сектор Арктической зоны Российской Федерации является мощным резервом воспроизводства минерально-сырьевой базы углеводородов. На шельфе Карского моря выделено два осадочных бассейна, разделенных Северо-Сибирским порогом (ИНГГ СО РАН).

В целях решения проблемы адаптации к изменениям окружающей среды и климата в Арктике и смягчения их влияния на население и хозяйство были выявлены «социально-важные» климатические показатели Арктического региона, определены существующие взаимосвязи между параметрами природной среды и возможностями хозяйственного освоения уже используемых и планируемых к освоению территорий, а также выработаны сценарии возможных изменений этих взаимосвязей в результате изменения климата и определяемых экономическими условиями вариантов развития транспортной среды и

промышленности. В настоящее время пересмотрен привычный специализированный подход, основанный на отдельных океанологических, климатологических, гляциологических, экономико-географических и др. исследованиях, на комплексный, который сводит воедино исследования специалистов разных специализаций. Результаты анализа и моделирования были преобразованы в цифровые карты, доступные для широкого научного сообщества. Одним из результатов стал «Атлас уязвимости объектов хозяйства в Арктике и условий жизни населения на фоне изменения окружающей среды». Особое внимание в нем было уделено оценкам риска опасных природных явлений, определяемого интенсивностью экономического развития, сильно возрастающей с вовлечением новых территорий в экономическое развитие, что и имеет место в Российской Арктике в настоящее время (МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет).

Рассмотрим основные достижения в области наук о Земле по разделам Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы.

Направление 124 **«Геодинамические закономерности вещественно-структурной эволюции твердых оболочек Земли»** охватывает вопросы выяснения источников и механизмов реализации тектонических движений в недрах планеты. Здесь наиболее значимые исследования связаны, с одной стороны, с модельными обобщениями по строению и эволюции значительных сегментов Земли, а с другой, с их приложением к решению ряда актуальных практических задач геологии.

На основе результатов геолого-петрологических, изотопно-геохимических, геодинамических исследований докембрийских комплексов Евразии и других континентов рассмотрены общие закономерности проявления геологических процессов в мантии, коре и экзосфере на ранних этапах эволюции Земли. Реконструкция режимов петрогенезиса в разных геодинамических обстановках позволила дать оценку рудного потенциала докембрийских структур различных регионов России. Показано важное прикладное значение методов изотопной хемотратиграфии, микропалеонтологии и биостратиграфии при стратиграфических реконструкциях и целенаправленных поисках углеводородного сырья. Опубликованные результаты отражают современный уровень российской геологической науки в области изучения докембрия Земли (ИГГД РАН).

Получено подтверждение существования гидратированного глубинного мантийного резервуара Архейского возраста. На основе изучения расплавных включений в оливине коматиитов зеленокаменного пояса Белингве (2,7 млрд л.) установлен избыток воды в глубинном мантийном источнике, подтверждающий данные, полученные ранее для одновозрастных коматиитов Канады. Главные, примесные элементы и летучие компоненты были измерены в расплавных включениях в оливине из свежих коматиитов возрастом 2,7 млрд лет из формации Релаянс, зелено-каменного пояса Белингве, Зимбабве. Реконструированные составы расплавных включений содержат 20–23.5 мас.% MgO

и до 0,3 мас.% H_2O . В расплавных включениях из более поздних зерен оливина (низкие содержания Fo) наблюдается избыток Na_2O , CaO , Li , La , Cu , Rb , Y , Sc а также летучих компонентов (H_2O , F , Cl и S) в сравнении с другими несовместимыми элементами, который связан с ассимиляцией мафического материала, измененного взаимодействием с морской водой. В наиболее примитивных расплавных включениях из магнезиального оливина признаки ассимиляции не наблюдаются. Первичный расплав, реконструированный с использованием составов включений в наиболее магнезиальном оливине (Fo93,5), содержит до 27,5 мас.% MgO и приблизительно 0,2 мас.% H_2O . Присутствие H_2O немного снижает ликвидусную температуру до прикл. $1510^{\circ}C$. На основе полученных результатов предложено образование коматиитовой магмы при давлении 7 ГПа и температуре $1790^{\circ}C$ в мантийном плюме. Плюм захватил воду и, вероятно, хлор при взаимодействии с водосодержащей транзитной зоной мантии по механизму, близкому к ранее предложенному в работе Sobolev et al. (2016) для коматиитов Канады (ГЕОХИ РАН).

В алмазах из кимберлитовой трубки (Куллинан, Южная Африка) впервые установлены включения $CaSiO_3$ с перовскитовой структурой, что доказывает гипотезу о распространении этой минеральной фазы в нижней мантии. Кроме того, эта находка подтверждает возможность транспортировки неизмененного вещества нижней мантии к поверхности Земли благодаря способности кристаллической решетки алмаза удерживать в первоначальном состоянии сверхвысокобарические фазы. Относительно «тяжелый» изотопный состав углерода ($\delta^{13}C$ 2,3 / 4,6‰) алмаза свидетельствует о том, что поверхностный углерод может попадать на мантийные глубины, вероятно, при погружении океанической коры (ИГГД РАН).

Впервые в западной части Центрально-Азиатского пояса в пределах Жельтавского докембрийского террейна Южного Казахстана выявлены ультрамафиты, имеющие признаки высокобарического (600° – $800^{\circ}C$; 9,5–14,5 кбар) метаморфизма пород океанической литосферы. Они представлены магнетитовыми серпентинитами с реликтами шпинели, шлияелевыми серпентинизированными и амфиболизированными дунитами и перидотитами, залегающими в виде различного размера блоков среди кварцполевошпатовых гнейсов. Геохимические особенности ультрамафитов указывают на их принадлежность к океанической литосфере областей срединно-океанического спрединга, фрагменты которой в дальнейшем были погружены на большие глубины в область высоких давлений эклогитовой фации. Создана модель тектонической эволюции региона, в которой появление ультрамафитов связывается с закрытием бассейна с океанической корой. При этом происходила субдукция докембрийской континентальной коры Жельтавского террейна и ее последующая эксгумация, при которой были захвачены и фрагменты океанической литосферы. Модель образует принципиально новую основу для анализа взаимосвязей процессов тектоники и геодинамики, а также для развития новых направлений прогнозно-поисковых работ, в том числе и на алмазы (ГИН РАН при участии ИГЕМ РАН, ГЕОХИ РАН).

Дано обоснование главных возрастных рубежей в докембрийской и раннепалеозойской истории геологического развития Тимано-Североуральского сегмента земной коры. Новые изотопно-геохронологические данные по метаморфогенным цирконам указывают на то, что в нем присутствуют нижнедокембрийские комплексы. Результаты 3D-моделирования подтверждают, что они являются фрагментами кристаллического основания Восточно-Европейской платформы, вовлеченными в структуры протоуралид-тиманид и северной части уралид. Установлено, что нижний возрастной рубеж верхнедокембрийских образований Тимано-Североуральского региона не выходит за пределы позднего рифея, а время формирования коллизионного орогена Протоуралид-Тиманид ограничивается вендом-началом кембрия. Формирование базальных отложений палеозоя, тестирующих процессы масштабного континентального рифтогенеза, приведшего в последующем к спредингу и раскрытию Палеоуральского океана, относится к рубежу кембрия и ордовика, а офиолиты как фрагменты океанической коры сформировались в ордовике (ИГ Коми НЦ УрО РАН).

Направление 125 **«Фундаментальные проблемы развития литогенетических, магматических, метаморфических и минералообразующих систем»** охватывает наиболее актуальные вопросы и проблемы строения, вещественных преобразований и состава внутренних оболочек Земли. При этом развитие научных исследований и получение значимых результатов основано на тесной взаимосвязи аналитических работ, выполненных на природных объектах, и экспериментального и числового моделирования минерально-парагенетических систем, приближенных по ряду параметров к природным. Большое внимание уделяется выявлению пространственно-генетических взаимосвязей магматических, метаморфических, литогенетических и минералообразующих процессов с геодинамическими обстановками и условиями их проявления, а также изучению роли флюидов в этих системах и их влиянию на эволюцию вещества земной коры и мантии.

Впервые составлены литолого-палеогеографические карты масштаба 1:20000000 для нео- и эоплейстоцена Евразии, включая российскую Арктику. Получены количественные параметры эволюции седиментации равнинных и горных областей, а также важных генетических типов континентальных отложений (ГЕОХИ РАН).

В рамках разработки фациально-экологической модели распределения микроорганизмов в рифейских и вендских палеобассейнах России проведено изучение последовательности вендских отложений Уринского поднятия Байкало-Патомского нагорья Центральной Сибири; выполнена бассейновая корреляция, интерпретированы условия и обстановки осадконакопления. Установлены две согласно граничащие секвенции баракунского и уринско-каланчевского интервалов разреза и показано, что их отложения формировались в пределах глубоководных карбонатно-терригенных и глинисто-карбонатных очень пологих гомоклинальных рампов в условиях высокой сейсмической активности бассейна. Значительная часть осадков имеет эоловое происхождение, вероят-

но, обусловленное деятельностью континентальных ледников и с умеренно холодным аридным климатом этого времени. Высокая эоловая активность явилась одной из причин высокой биопродуктивности бассейна, высоких темпов захоронения органического вещества и развития метаногенеза. Эти результаты имеют фундаментальное научное значение для понимания палеогеографии, климата и эволюции экосистем на ранних этапах истории развития Земли (ГИН РАН).

Установлены физико-химические параметры формирования водно-хлоридных флюидных фаз, являющихся эффективными концентраторами рудных элементов в процессе полибарической кристаллизации гранитоидных магм во время их движения к поверхности. Методами численного моделирования проанализировано влияние на состав образующихся флюидов и расплавов изменения давления, степени кристаллизации, а также степени открытости магматической системы в отношении летучих компонентов. Одной из важных особенностей дегазации магм является резкое повышение концентрации хлора в расплаве и флюиде в процессе кристаллизации магм при низких давлениях (< 1 кбар) с образованием на заключительных этапах кристаллизации обогащенных хлоридами рассолов, которые значительно повышают эффективность извлечения ряда рудных и редких элементов из магм (ГЕОХИ РАН).

Впервые экспериментально обнаружено, что присутствие биополимеров приводит к изменению механизма и ингибированию осаждения кальцита: в отличие от роста кальцита без участия полимеров по механизму поверхностной реакции второго порядка (спиральный рост) рост, активируемый адсорбированным на поверхности кальцита биополимером, контролируется двумерным зародышеобразованием. Взаимодействие биополимеров с минералами имеет важное значение для минерализации в биогеохимических системах, поскольку последовательность биополимерных молекул на растущей минеральной поверхности дает организму дополнительный механизм контроля размера и формы биоминералов для соответствия определенным целям. Полученные результаты также предоставляют новые возможности для синтеза биомиметических материалов (ИЭМ РАН).

В эвдиалитовых малиньитах Ловозёрского массива открыт новый слоистый титаносиликатселивановаит, $\text{NaTi}_3(\text{Ti,Fe,Na})_4[(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{O,OH})_4(\text{OH,H}_2\text{O})_4] \cdot n\text{H}_2\text{O}$, представляющий собой продукт преобразования породообразующего мурманита под воздействием высококальциевых гидротермальных растворов, образовавшихся при переработке ксенолитов оливиновых базальтов, по схеме $\text{Na}^+ + \text{Ti}^{4+} \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$, с существенной перестройкой структуры гетерополиэдрических слоёв *H* и *HOH*-пакетов. (ГИ КНЦ РАН, ЦНМ КНЦ РАН, СПбГУ)

Для ряда минеральных фаз впервые получены значения температурной зависимости факторов фракционирования изотопов кислорода ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) на основе частот колебаний их кристаллических решеток. Применен метод «замороженных фононов» теории функционала плотности в гармоническом и квазигармоническом приближениях. Достоверность и точность моделирования контролируется сравнением вычисленных параметров кристаллической

решетки и частот колебаний с экспериментальными данными. До сих пор параметры фракционирования изотопов определялись на основе эмпирических или полуэмпирических закономерностей, достоверность которых не поддается оценке. Разработанный нами подход помогает на строгой количественной основе судить о происхождении (природе) метаморфических флюидов и условиях взаимодействия флюидов с породами (ИГГД РАН).

Определена причина изменения структуры сейсмических аномалий в недрах вулкана Спурр (Аляска, США) в 2002–2006 г. В 2004–2006 г. в области его вершины произошло частичное таяние ледникового покрова, усиление фумарольной активности и доли ювенильных газов в общем газовом балансе вулканических эманаций. Несмотря на явные признаки усиления эндогенной активности, извержения не произошло, и вулкан затих. На основании сопоставления характера изменений газовой активности и изменения структуры сейсмических аномалий был сделан вывод, что наблюдавшиеся явления связаны с прорывом магматогенного флюида через границу, разделяющую области вязко-пластичных и хрупких деформаций вокруг магматического очага. Внедрение свежей порции магмы в застывающий очаг привело к росту давления флюида, образовавшегося в процессе дегазации ранее закристаллизовавшихся порций магмы и изолированных в пределах экзоконтактовой зоны. Рост давления вызвал образование трещин в пределах границы, отделяющей зону пластичных деформаций, окружающей очаг от остальной части вулканической постройки, где возможны хрупкие деформации. Это вызвало прорыв горячих флюидов в верхние, более холодные части вулкана. Охлаждение и дегазация флюида привели к росту фумарольной активности и разогреву привершинной части постройки. Прекращение активизации можно объяснить залечиванием образовавшихся трещин и герметизацией области пластических деформаций, окружающей магматическую камеру (ИГМ СО РАН совместно с ИНГТ СО РАН).

В калийно-магниевого солях Верхнекамского и Челкарского месторождений открыты два новых минерала, которые относятся к группе боратов: красноштейнит, $\text{Al}_8[\text{B}_2\text{O}_4(\text{OH})_2](\text{OH})_{16}\text{Cl}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и яржемскиит, $\text{K}[\text{B}_5\text{O}_7(\text{OH})_2] \cdot (\text{Горный институт УрО РАН})$.

Направление 126 «Периодизация истории Земли, определение длительности и корреляции геологических событий с использованием методов геохронологии, стратиграфии и палеонтологии» составляет базу современной геологии и обеспечивают понимание эволюционных особенностей внутренних оболочек Земли в многофакторном пространстве геологической истории.

На основе большого статистического материала для различных групп земных пород показано хорошее соответствие между значениями двустадийного модельного возраста в Sm-Nd и Lu-Hf изотопных системах, что подтверждает реальность показаний обеих изотопных систем. В то же время обнаружено отсутствие согласованности между двустадийным Sm-Nd модельным возрастом и U-Pb возрастом по модели Стейси-Краммерса, что уместно называть третьим свинцовым парадоксом (ГЕОХИ РАН).

Результаты изучения Lu-Hf изотопной системы в цирконе из пород различного состава северо-восточной части Балтийского щита позволили: (1) выявить отдельные генерации циркона в мезоархейских плагиогнейсах Кольской сверхглубокой скважины (СГ-3), содержащие палеоархейское вещество, что согласуется с присутствием в породах обрамления СГ-3 циркона с U-Pb возрастом 3,3 и 3,4 млрд лет, (2) установить, что исходные расплавы неархейских щелочных и субщелочных магматических пород Кейвского блока могли произойти в результате плавления метасоматически измененных пород нижней коры при внедрении в нее базитовых магм, и (3) с учетом данных других изотопных систем выделить ксеногенный, магматический, метаморфогенный и инъекционно-магматический генетические типы циркона и показать, что формирование нижней коры Кольского региона происходило на этапах 2,8; 2,79–2,74; 2,5–2,4; 1,75 и 0,33 млрд лет (ГИ КНЦ РАН).

С целью реконструкции изменения изотопного состава стронция в морской воде в течение мезозоя, определения времени и причин Sr-изотопных аномалий, были выполнены измерения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в арагонитовых раковинах цефалопод из разных регионов мира. Впервые установлен значительный перепад между среднепермским минимумом и раннетриасовым максимумом, который, вероятно, был вызван двумя важнейшими событиями фанерозоя: (1) усилением ранне-среднепермской вулканической активности при раскрытии океана Неотетис, (2) существенным расширением площади суши и интенсификацией процессов выветривания в раннетриасовое время вследствие коллизии Северо-Китайского и Южно-Китайского кратонов (ДВГИ ДВО РАН).

Предложенная нижняя граница сакмарского яруса в Усольском разрезе (Башкортостан) ратифицирована Международным союзом геологических наук 21 июля 2018 года. Это первый в России «золотой стратиграфический гвоздь» в ярусной границе Международной стратиграфической шкалы (ИГТ УрО РАН).

Направление 127 **«Динамика и механизмы изменения ландшафтов, климата и биосферы в кайнозое, история четвертичного периода»** имеет своей основной целью сопоставление наблюдаемых современных глобальных климатических изменений с вариациями аналогичных процессов в недалеком (в геологическом масштабе) прошлом. Предполагается, что выяснение динамики и механизмов изменения ландшафтов, климата и биосферы в кайнозойский и четвертичный периоды, поиски закономерностей, цикличности и причин этих событий в предшествующие эпохи дадут возможность более четко прояснить особенности современных явлений. В рамках этого фундаментального направления существует ряд актуальных для мирового научного сообщества проблем, в решении которых принимают активное участие и российские ученые.

На основе комплексных тефростратиграфических исследований колонок донных осадков из Берингова моря выявлены ранее неизвестные центры мощной эксплозивной активности вулканов Семисопочный и Окмок Алеутской островной дуги. Извержения, датированные 12,2 и 64,5 тыс. лет назад, соответственно, сопровождались сильными выбросами пирокластического матери-

ала (индекс вулканической активности равен 6,5–6,8). Минимальные оценки поступления рыхлого пирокластического материала двух вулканов составляют до 54 и 72 км³, соответственно. Уточнен ареал пеплопада и объемы пирокластики (около 100 км³) для сильного эксплозивного извержения вулкана Аньякчак-II на Аляске, произошедшего 3,6 тыс. лет назад. Полученные результаты важны для реконструкции истории вулканизма Алеутской островной дуги и его влияния на палеоклимат и осадконакопление, необходимы для корреляции и датирования осадков Берингова моря и прилегающих районов суши. (ТОИ ДВО РАН и ИВиС ДВО РАН)

Впервые выполненное обобщение данных радиоуглеродных датировок из 25 кернов с результатами микропалеонтологического анализа позволило уточнить возраст и мощность донных отложений Азовского моря. Установлено, что практически на всей акватории моря верхние 3 м донных отложений сложены осадками новоазовского времени (возраст от 3,1 тыс. лет назад – до настоящего времени.). В единичных случаях, в глубоководной части моря, в кернах мощностью до 3 м обнаружены древнеазовские (6,5–3,1 тыс. лет назад) отложения. В Таганрогском заливе, наоборот, новоазовские слои имеют небольшую мощность (около 20–45 см) и донные отложения, в основном, сложены древнеазовскими и более древними осадками. Сочетание методов биостратиграфии с результатами радиоуглеродного анализа дают наиболее точные представления о возрасте отложений, корректируя погрешности каждого из методов. Анализ изучения изменений видового состава диатомовых водорослей в голоценовых отложениях Азовского моря на протяжении последних 6 тыс. лет позволил выделить 8 биостратиграфических зон [Ковалева и др., 2015], для которых определены временные границы. Сопоставление изменений диатомовых водорослей позволяет проводить корреляцию одновозрастных слоев донных отложений и выявлять результаты, содержащие инверсию (ошибочное определение возраста отложений), по результатами радиоуглеродного анализа (ЮНЦ РАН).

Керновое бурение Эльбруса выявило связь содержания пыли во льду с засушливостью климата, глобальными циркуляционными процессами и климатическими индексами в Тихом океане. Дендрохронологические методы позволили реконструировать изменения летних температур на Соловецких островах с начала 17-го века. Анализ результатов бурения 45-метровой скважины в Кельтминском спиллвее – древней долине, пересекающей современный Главный водораздел Восточно-Европейской равнины, по которой в конце четвертичного периода воды ледниково-подпрудных озер в бассейнах Печоры и Вычегды переливались в бассейн Камы, доказал, что этот перелив не был причиной максимальной за четвертичный период более раннехвалынской трансгрессии Каспия (ИГ РАН).

Направление 128 «**Физические поля, внутреннее строение Земли и глубинные геодинамические процессы**» охватывает ряд ключевых проблем, связанных с происхождением и пространственно-временными особенностями проявления геофизических полей (главного геомагнитного поля, электромаг-

нитного, гравитационного, теплового), комплексной интерпретацией данных по физическим полям в целях изучения неоднородностей недр Земли, использованием методов космической геодезии и математического моделирования для изучения современной динамики Земли. Отличительной особенностью современных исследований является глубокий синтез данных специальных наблюдений и экспериментальных лабораторных данных с результатами теоретических построений и, в особенности, с численными моделями. Развитие методов интерпретации геофизических данных позволяет сузить границы неопределенности и выбрать оптимальные модели строения земной коры и верхней мантии, которые используются для реконструкции сценариев развития и эволюции Земли, а также в целях поиска и разведки месторождений полезных ископаемых.

Выполнены комплексные исследования по уточнению сейсмической опасности в районе проектирования транспортного перехода через пролив Невельского. Благодаря проведенным полевым сейсмологическим работам по данным сети временных сейсмических станций получены уникальные данные о сейсмичности этого района. Сеймотектонические исследования позволили выявить на материковой части и изучить тектоническую структуру, имеющую все основные признаки молодой (голоценовой) разломной зоны. Показано, что основную опасность активизации геологических проявлений в связи с сеймотектоническими воздействиями на сахалинском участке выхода транспортного перехода представляют зоны растяжения, приуроченные к обводненным участкам сахалинского побережья. По результатам исследований разработана сеймотектоническая модель территории и построена карта зон ВОЗ (ИФЗ РАН).

По данным многолетних спутниковых геодезических измерений вдоль Курильской островной дуги изучено состояние сейсмофокальной зоны и проявление различных деформационных механизмов в поверхностных смещениях. Определены факторы, сочетание которых объясняет разнообразный характер наблюдаемых движений: пространственно-временные вариации режима межплитового скольжения, вязкоупругая постсейсмическая релаксация астеносферы, стационарное возвратное мантийное течение, клавишная структура фронтальной части зоны субдукции. Выделенные на фоне переходных процессов стационарные компоненты смещений, которые можно ассоциировать с межплитовым сцеплением и подлитосферными течениями, позволили охарактеризовать межсейсмическое состояние различных частей Курильской островной дуги. Показано, что особенности сейсмического режима в районе средних Курил, проявляющиеся в длительных интервалах сейсмического затишья, прерываемых сильными парными землетрясениями, могут быть обусловлены зоной предполагаемого перехода от сильного межплитового сцепления на юго-западе к слабому сцеплению в сочетании с возвратным подлитосферным течением на северо-востоке. (ИФЗ РАН совместно с ИО РАН).

Анализ данных сейсмического профилирования показал, что в кайнозойское время растяжение литосферы на хребте Ломоносова в Центральной Арктике не проявлялось. Существование над хребтом положительных аномалий

силы тяжести исключает его погружение под влиянием нисходящих течений в мантии. В отсутствие конвергентных границ вблизи хребта погружение не могло быть также обусловлено изгибом литосферы. Оно могло быть вызвано увеличением плотности пород нижней коры вследствие их метаморфизма при поступлении мантийных флюидов. Быстрое погружение коры в неогене с амплитудой до 1–2 км характерно для крупных нефтегазоносных бассейнов (ИФЗ РАН).

Широко распространено мнение, что для генерации магнитного поля стационарное течение должно иметь ненулевую кинетическую спиральность. Построено 6 семейств стационарных течений несжимаемой жидкости, у которых плотность спиральности поля вихря равна нулю в каждой точке пространства. Течения 4 семейств представлены аналитическими выражениями, а течения пятого могут быть найдены комбинированной численно-аналитической процедурой. Течения 4 из этих 5 семейств имеют нулевой спектр спиральности. Для пробных течений из этих 5 семейств вычислены инкременты роста коротковолновых возмущений магнитного поля, а также тензоры магнитного α -эффекта (для не центрально-симметричных течений) и вихревой магнитной диффузии (для центрально-симметричных). Показано, что при умеренных магнитных числах Рейнольдса (менее 200) существенная часть рассмотренных течений генерируют как коротковолновые поля, так и (механизмами α -эффекта или вихревой диффузии) длинноволновые (ИТПЗ РАН).

Обнаружен выраженный эффект изменения механических характеристик разломной зоны перед динамическим срывом. Этот эффект проявляется в спектре сейсмического шума в виде смещения соответствующих спектральных пиков в область низких частот и может быть обнаружен по результатам инструментальных наблюдений. Перед крупными землетрясениями подобное смещение может быть выявлено за несколько дней до события. Обнаруженный феномен может служить основой для создания принципиально новых методов диагностики активных разломов, что найдет свое применение как при разработке новых подходов к прогнозу землетрясений, так и при обеспечении безопасного ведения горных работ (ИДГ РАН).

С использованием метода низкочастотного микросейсмического зондирования исследована конфигурация магматической питающей системы Толбачинского Дола (региональной зоны ареального базальтового вулканизма в южной части Ключевской группы вулканов на Камчатке). Полигон микросейсмической съемки включал зоны трещинных извержений 1975–1976 гг. и 2012–2013 гг., а также частично постройку вулкана Плоский Толбачик. Выявленные низкоскоростные неоднородности обнаруживают тесную связь с проявлениями современного вулканизма, что позволяет ассоциировать их с объемами среды, в которых могут присутствовать магматические расплавы. Показано, что питающая система Толбачинского Дола пространственно неоднородна и объединяет субвертикальные и латеральные магмоводы, близкорасположенные подводящие каналы и малоглубинные магматические камеры. Обнаружена локальная долгоживущая трансоровая зона магмопроводимости, в которой маг-

матический расплав может присутствовать даже при длительном отсутствии извержений. Выявлены взаимосвязанные элементы магматической питающей системы Толбачинского Дола, что расширяет существующие представления о глубинном строении вулканических аппаратов для полей современного арельного вулканизма (ФИЦ ЕГС РАН).

На основании представительной выборки дисперсионных кривых групповых скоростей поверхностных волн исследовано строение земной коры и верхней мантии Азиатского континента. Методом двумерной томографии для случая сферической поверхности построены карты распределений вариаций групповых скоростей волн Рэлея и Лява в диапазоне периодов от 10 до 250 с. Рассчитана трехмерная модель распределения скоростей волн SV и SH, а также коэффициента вертикальной анизотропии в мантии Центральной Азии до глубины 500 км. Полученная анизотропная модель характеризуется более высоким горизонтальным разрешением по сравнению с предшествующими работами. В результате проведенного исследования показано, что тектонически активные регионы характеризуются высокими значениями коэффициента анизотропии и пониженными значениями скоростей S-волн. Выявленные особенности глубинного строения могут быть связаны как с историей формирования тектонических структур, так и с современными мантийными эндогенными процессами (ИЗК СО РАН).

В направлении 129 **«Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимия планет и других тел Солнечной системы, возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов»** исследования успешно развивались по таким дисциплинам как космохимия и сравнительная планетология, метеоритика, изотопная, экспериментальная и физическая геохимия, геохимия и петрохимия пород ранних этапов формирования Земли.

Новые типы месторождений стратегических металлов: золота и висмута выделены на Северо-Востоке России. Эти месторождения тесно ассоциируют с позднемезозойскими орогенными гранитоидами I- и S-типа ильменитовой серии, однако различаются по позиции относительно кровли интрузива, околорудным изменениям пород, морфологии рудных тел; по минеральному составу руд разделяются на висмут-сульфотеллурид-кварцевый, висмут-арсенид-сульфоарсенидный и висмут-сидерит-полисульфидный типы. Для висмут-сульфотеллурид-кварцевых месторождений характерно низкое содержание сульфидов (≤ 3 об.%); самородное золото ассоциирует с Bi минералами (висмутин, сульфотеллуриды и теллуриды, мальдонит, джонассонит, самородный висмут). На висмут-арсенид-сульфоарсенидных месторождениях преобладает обогащенная мышьяком минерализация (5–60 об.% леллингита и арсенопирита). Срастания самородного золота с минералами висмута присутствуют в основном в арсенопирите. Висмут-сидерит-полисульфидный тип характеризуется повышенными содержаниями сульфидов (5–15 об.%) и карбонатов (до 35 об.%) в рудах. Самородное золото ассоциирует с висмутином и сульфовисмутитами.

Изучение флюидных включений и стабильных изотопов по 18-ти Au-Bi месторождениям позволили реконструировать РТХ условия минералообразования и источники флюидов. Au-Bi минерализация образовалась при 437–200°C (в основном от 400 до 250°C) и давлении 0,1–1,9 кбар из $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ флюида, который образовывал несмешиваемые рассол и обогащенную CO_2 газовую фазу при низких давлениях ($\leq 1,3$ кбар), а при высоких давлениях ($\geq 1,3$ кбар) – низко-умеренно соленые обогащенные CO_2 флюиды. Висмут-сульфотеллурид-кварцевые месторождения распространены на малых глубинах (1–3 км), тогда как висмут-арсенид-сульфоарсенидные и висмут-сидерит-полисульфидные месторождения формируются в более глубоких обстановках (4–5 км). Геохимия стабильных изотопов (O, C и S), изотопов свинца, а также синхронность магматизма и рудообразования свидетельствуют о преобладающем вкладе магматических флюидов в Au-Bi гидротермальные системы (ИГЕМ РАН).

На основании новых экспериментальных данных предложено термодинамическое описание константы устойчивости хлоридного комплекса золота (AuCl_2^-). Установлено, что комплекс AuCl_2^- является важнейшей формой переноса золота в высокотемпературных гидротермальных растворах и флюидах ($T > 400^\circ\text{C}$) в широкой области концентраций растворённых солей – от разбавленных растворов до концентрированных хлоридных рассолов, типичной для порфировых и орогенных минералообразующих систем. Полученные данные позволяют предсказывать поведение золота во всей области существования рудообразующих гидротермальных систем: до 1000°C, 5000 бар, 30 вес. % NaCl (ИГЕМ РАН).

Разработан новый метод для локального анализа изотопов серы ^{33}S , ^{34}S и ^{32}S в сульфидах на основе применения фемтосекундного ультрафиолетового комплекса лазерной абляции в сочетании с системой фторирования образцов и измерения изотопных отношений серы на масс-спектрометре MAT-253. Данная разработка позволяет исследовать зональное распределение изотопов серы в геологических образцах на качественно новом уровне за счет повышения пространственного разрешения (80–100 микрон) и точности изотопных анализов по сравнению с существующими лазерными методами для изотопного анализа серы. Новый метод особенно востребован в исследованиях сульфидных минералов в метеоритах и архейских осадочных породах для изучения генезиса серы и степени воздействия биогенных и абиогенных факторов на процессы фракционирования её изотопов (ДВГИ ДВО РАН).

Для Забайкалья установлен новый тип редкоземельного оруденения, представленный существенно флюорит-бастнезитовой минеральной ассоциацией. Изученные проявления (Улан-Удэнское, Портовое, Смолина) приурочены к эрозийному окну кристаллических пород, перекрытых позднемезозойскими терригенными отложениями. Это существенно флюорит-бастнезитовые породы, содержащие повышенные количества тетраферрифлогопита, монацита, судьфатных минералов (плюмбоярозит, глауберит). Проявления расположены в границах выделенной ранее карбонатитовой провинции, их возраст (Ar/Ar, слюда, 134 млн. лет), изотопные характеристики и геохимические особенности близки

к карбонатитам региона. Количество бастнезита, нередко превышающее 50%, изотопно-геохимические и структурно-текстурные особенности пород дают основание для выделения нового (флюорит-бастнезитового) типа карбонатитов. Высокие концентрации легких редкоземельных элементов (достигающие 20–30 мас.%) резко повышают перспективы региона и вызывают необходимость проведения специализированных поисковых работ (ГИН СО РАН).

Направление 130 «Рудообразующие процессы, их эволюция в истории Земли, металлогенические эпохи и провинции и их связь с развитием литосферы; условия образования и закономерность размещения полезных ископаемых» – одно из важнейших в науках о Земле и наиболее ярко выражает тесную связь фундаментальных исследований и насущных народно-хозяйственных задач. Практические успехи в этом направлении напрямую зависят от усилий ученых по совершенствованию теорий рудогенеза, принципов и методов изучения источников и механизмов концентрирования полезных ископаемых, от знаний особенностей их последующей эволюции в изменяющихся глубинных условиях. С учетом этого развиваются геологические, геофизические и изотопно-геохимические подходы к проблемам прогнозирования металлогенических провинций, месторождений традиционных, стратегических и новых видов минерального сырья, благороднометального и редкометального оруденения.

Объяснена природа аномально высоких содержаний тяжелого изотопа серы ^{34}S в сульфидах построек гидротермальных полей Срединно-Атлантического хребта и закономерного обогащения изотопом ^{34}S более поздних генераций минералов. Это явление обусловлено восстановлением сульфата морской воды в зоне ее взаимодействия с породами океанской коры в минералообразующей системе, закрытой относительно флюида. Предложена модель, которая позволяет проводить реконструкции условий восстановления морского сульфата и экстракции серы из пород океанского дна в процессе их взаимодействия с морской водой. Модель предсказывает, что за счет частичного восстановления морского сульфата в условиях закрытой системы величины $\delta^{34}\text{S}$ в сульфидах гидротермальных построек могут составлять 15‰ и более. Модель разрешает ряд известных проблем: отсутствие изотопного равновесия серы гидротермальных флюидов с сульфатом морской воды и отложение сульфидов высоким содержанием тяжелого изотопа серы и ангидрита и барита. (ИГЕМ РАН)

Предложена концепция прогноза редкометальной рудоносности высокощелочных магм. Щелочные породы характеризуются высокими содержаниями таких стратегических металлов, как цирконий, гафний, ниобий, титан, редкоземельные элементы. На примере изучения длительно формирующихся магматических систем, изученных в щелочных провинциях Кольского полуострова и Полярной Сибири, показано, что главным процессом разделения стратегических металлов при эволюции щелочных магм была непрерывная кристаллизационная дифференциация, приводящая к накоплению стратегических металлов в расплаве вплоть до его насыщения относительно редкометальных

минералов. Детальные петрографические исследования пород Ловозёрского массива (крупнейшей в мире агапитовой интрузии) показали, эвдиалитовые руды обнаруживаются только в той части разреза интрузии, в которой наблюдается идиоморфизм эвдиалита. Таким образом, смена формы выделения эвдиалита (соответствующая относительно времени его кристаллизации среди минералов породы) представляет собой новый геохимический критерий рудоносности высокощелочных магм на редкометальное сырьё. Этот критерий является проявлением разработанного нами принципа ранней котектической насыщенности щелочных магм в отношении рудного минерала как необходимого условия для формирования месторождений: необходимым условием формирования рудного месторождения является ранняя кристаллизация рудного минерала. Идиоморфные минералы кристаллизуются из расплава, вовлечённого в процесс внутрикамерной конвекции и потому могут быть эффективно сегрегированы, вплоть до формирования месторождений. Ксеноморфные же минералы кристаллизуются на поздних стадиях из малого объёма расплава, находящегося в интерстициальном пространстве. В этом случае явления конвективно-гравитационной дифференциации и сегрегации минеральных фаз затруднены. Предложенный критерий применим к крупнейшим щелочным массивам Мира Ловозеро, Хибины (Россия), Илимауссак (Гренландия), Пилансберг (ЮАР). (ГЕОХИ РАН)

Впервые получена высокая растворимость золота (до ~30 г/кг соли) в сухих расплавах NaCl при температуре 860°C в закрытой системе с SiO₂ (кварцевое стекло) в присутствии окислителя (в качестве окислителя использовался KClO₄). Показано, что золото растворяется в солевом расплаве в виде хлорида, но выпадает в виде металла при его кристаллизации. Растворение золота в солевом расплаве – это уникальный механизм значительного концентрирования рудных компонентов в позднемагматических процессах при снижении давления. (ИЭМ РАН)

Впервые дана сводная характеристика позднемезозойским скарновым рудным месторождениям Северо-Восточной Азии, сформированным в аккреционный и постаккреционный периоды образования главных структур в связи с субдукционным и коллизионным гранитоидным магматизмом. Дана геологическая и минералого-геохимическая характеристика 17 месторождений Fe, W, Cu, Mo, Pb-Zn, Co, Au, Sn. Показан типоморфизм главных минералов скарнов и руд. (СВКНИИ ДВО РАН)

Показано обоснованное объективными данными распределение на шкале геологического времени глобально оцененных ресурсов редких (литий, тантал, ниобий) и редкоземельных металлов. Установлен дискретный характер этого распределения. Выявлено своеобразие разных геологических эпох в металлогении этих видов минерального сырья как в отношении промышленно интересных типов месторождений, так и в отношении количественных и качественных характеристик руд в них. Полученные результаты необходимо учитывать при проведении региональных геолого-съемочных и геолого-разведочных работ, сопровождаемых металлогеническим прогнозированием. (ГГМ РАН)

Открыт новый теллурид платины – митрофановит Pt_3Te_4 , обнаруженный в малосульфидной руде месторождения Восточное Чуарвы в Восточно-Панском массиве. Минерал назван в честь академика Ф.П. Митрофанова, организатора и руководителя изучения Кольской платинометальной провинции. (ГИ КНЦ РАН)

Направление 131 **«Геология месторождений углеводородного сырья, фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа, научные основы формирования сырьевой базы традиционных и нетрадиционных источников углеводородного сырья»** непосредственно связано с проблемой ресурсного обеспечения топливно-энергетического и промышленного комплекса страны и, таким образом, играет жизненно важную роль для России.

Для Западно-Сибирского сектора Арктической зоны Российской Федерации дана детальная историко-геологическая характеристика юрских отложений, уточнена оценка перспектив их нефтегазоносности. Показано, что этот регион является мощным резервом для расширения минерально-сырьевой базы углеводородов. На шельфе Карского моря выделены два осадочных бассейна, разделенные Северо-Сибирским порогом. Это Южно-Карская региональная депрессия, которая является северным окончанием Западно-Сибирской геосинеклизы, и располагается в южной части Карского моря. Самостоятельная Северо-Карская провинция занимает северную часть Карского моря. На ее большей части перспективы нефтегазоносности связаны с палеозойскими осадочными комплексами (ИНГГ СО РАН).

Расшифрована история геологического развития фундамента потенциально нефтегазоносных районов шельфа восточной части Российской Арктики на основе детальных структурных исследований и (U-Th)/He низкотемпературной термохронологии детритовых цирконов и апатитов. Установлено семь стадий фанерозойской тектонической эволюции, проведена корреляция тектоно-магматических событий, впервые установлено проявление элсмирской складчатости в регионе. Создана кинематическая модель на позднемезозойское время. (ИГАБМ СО РАН во взаимодействии с СПбГУ, ВСЕГЕИ).

На базе концептуально новой совместной интерпретации данных геофизических исследований скважин и сейсморазведки обнаружены ранее не выделенные перспективные природные резервуары внутри палеозойских рифов, палеорусел и песчаных островов в Верхнепечорской впадине, где ожидаются крупные залежи легкой нефти. На этой основе разработаны, направлены в Роснедра и приняты предложения по лицензированию недр в 2019 году – пяти участков общей площадью 3250 кв. км в «старом добывающем районе» Тимано-Печорской провинции вблизи уникального Вуктыльского месторождения. (ИПНГ РАН).

На уникальной лабораторной установке ИДГ РАН для моделирования трещин гидроразрыва пласта (ГРП) выполнен комплекс лабораторных экспериментов с учетом критериев подобия, в которых найдены условия переориентации трещин ГРП из-за изменения напряженного состояния, вызванного разработ-

кой месторождения. Установлено, что при большом контрасте горизонтальных напряжений трещины гидроразрыва распространяются в направлении максимального сжимающего напряжения, тогда как при низком контрасте трещина отклоняется в сторону нагнетательной и от добывающей скважины. Показано, что возмущение поля напряжений трещинами, созданными ранее, приводит к отклонению трещины ГРП от исходного направления. Продемонстрирован рост трещин автоГРП на нагнетательных скважинах при закачке жидкости с постоянным давлением, меньшим давления гидроразрыва. Полученные результаты могут быть использованы для верификации численных расчетов распространения трещин ГРП и для адекватной интерпретации полевых данных (ИДГ РАН).

Разработан аналитический метод моделирования аномального фазового поведения многокомпонентных УВ смесей в окрестности критических точек жидкость-газ. Метод основан на использовании масштабного уравнения состояния околоскритических флюидов. При малом объеме экспериментальных данных метод позволяет описать поведение основных термодинамических величин в окрестности критической точки, корректно выделить области аномалий производных указанных величин и интенсивности светорассеяния (околоскритическую область), определить с высокой точностью критические параметры УВ смесей. Метод апробирован на ряде модельных и пластовых УВ смесей с использованием экспериментальных данных, полученных калориметрическим, оптическим и PVT методами (ИПНГ РАН).

Направление 132 **«Комплексное освоение и сохранение недр Земли, инновационные процессы разработки месторождений полезных ископаемых и глубокой переработки минерального сырья»** ориентировано на решение фундаментальных и прикладных проблем экономически эффективного, технологически безопасного и максимально экологически чистого извлечения полезных ископаемых. Институтами РАН горного профиля решаются общетеоретические задачи перехода на инновационные энергосберегающие технологии углубленной переработки полезных ископаемых, обогащения благороднометаллических руд, вопросы геомеханики и компьютерного моделирования при отработке месторождений, а также проблемы освоения недр в условиях вечной мерзлоты.

В настоящее время горнотехнические системы, с помощью которых осуществляется освоение недр Земли, становятся все более мощными по масштабу и энергетическому воздействию на горные породы, вызывая, как правило, необратимые техногенные изменения природных геодинамических, гидродинамических и газодинамических процессов в зонах ведения горных работ.

Одними из основных направлений исследований в горных науках на современном этапе развития являются:

- разработка теоретических основ построения моделей горнотехнических систем, как сложных динамических объектов со множеством возможных технологических реализаций;

– развитие теоретических основ геоконтроля и прогноза параметров технологических процессов горнотехнических систем, как сложных динамических объектов;

– развитие теоретических основ систем управления горнотехническими системами, как сложными динамическими объектами со множеством возможных технологических реализаций.

Достижения российских институтов существенно обогатили теорию и практику горного дела. К важнейшим достижениям в области горных наук следует отнести следующие результаты.

Разработана синтезированная математическая модель расчета микроклиматических параметров воздуха в горных выработках глубоких рудников, включающая сетевую модель тепло- и массопереноса, модель нестационарного сопряженного теплообмена в системе «воздух – крепь – горные породы» с учетом сжимаемости воздушной среды, влагообмена в рудничной атмосфере и феноменологические модели техногенных источников тепловыделения. Отличительной особенностью модели является расчет теплообмена между воздухом и массивом горных пород в нестационарной сетевой постановке с учетом адиабатического нагревания и охлаждения воздуха при его движении по вертикальным и наклонным выработкам. Разработанная модель позволяет прогнозировать микроклиматические параметры воздуха глубоких шахт и рудников, характеризующихся сложными и разветвленными сетями горных выработок, высокой температурой вмещающих пород и применением мощных горных машин, что служит фундаментальной основой разработки инновационных систем кондиционирования воздуха (Горный институт УрО РАН).

На основе комплекса геологических, геомеханических и технологических моделей исследовано влияние масштабов открыто-подземной геотехнологии на состояние Хибинской горнотехнической системы. Выявлены закономерности перераспределения напряжений в окрестности очистных пространств на больших глубинах в условиях высокого тектонического сжатия, гористого рельефа и взаимного влияния открытых и подземных горных работ, позволившие сформулировать основные принципы безопасной отработки месторождений в подобных геомеханических условиях. На примере Кировского рудника АО «Апатит» показано, что при добыче более 300 млн. т запасов руды и понижении границ горных работ до отметки 1000 м от дневной поверхности увеличивается вероятность риска возникновения сильных динамических проявлений горного давления (ГоИ КНЦ РАН).

На основе комплекса современных физико-химических и физических методов исследования вскрыт механизм интенсификации химико-электрохимического выщелачивания золота из упорного минерального сырья при ультразвуковых воздействиях, заключающийся в очистке поверхности минеральных частиц от окисленных пленок (продуктов растворения концентратов), образовании сколов, трещин, микропор и других дефектов, увеличении скорости протекания химических реакций (окисления) за счет интенсивного диспергирования минеральной суспензии и возникающих в обрабатываемой среде

вторичных эффектов (кавитации, пульсации, микро- и макропотоков), что обеспечивает повышение уровня извлечения золота в продуктивный раствор на 16–20,5% (ИПКОН РАН).

Завершено исследование основных технологических свойств комплексных Fe, Ti, V, Cu, Ni, Co, PGE руд Колвицкого месторождения и разработаны научные основы технологии их обогащения. Предложена принципиально новая бездоменная технология переработки титаномагнетитовых руд, основанная на карботермическом восстановлении железа с получением ильменита, металлического железа, высокованадиевого продукта, коллективного Cu, Ni, Co, PGE концентрата. Предлагаемая технология позволяет извлечь благородные металлы и снизить потери ванадия при переработке титаномагнетитовых руд (ГИ КНЦ РАН).

Научно обоснован эффективный метод извлечения инкапсулированных и дисперсных форм нахождения благородных металлов из упорных меднопорфировых руд и техногенного минерального сырья. Технология включает механико-химическую обработку руд в среде электрофотоактивированных водно-газовых эмульсий, полученных смешиванием гидрокарбоната натрия и водного раствора цианида натрия, активационное кучное или чановое выщелачивание и сорбцию растворенных ценных компонентов (ИГД ДВО РАН).

Исследования по направлению 133 **«Мировой океан – физические, химические и биологические процессы, геология, геодинамика и минеральные ресурсы океанской литосферы, роль океана в формировании климата Земли»** включают фундаментальные и прикладные исследования Мирового океана (эволюция дна, тектонические процессы, уточнение глобальной циркуляции вод, климат и взаимодействие океана и атмосферы, продуктивность океанической биоты и др.) и окраинных морей Российской Федерации. Мировой океан играет исключительно важную роль в мировой политике, экономике, экологии: это и формирование климата, и источники пищи, и минеральные ресурсы, и транспорт, не говоря уже о задачах обороны. Поэтому океанологические исследования включают изучение всех процессов, протекающих в Мировом океане: физических, биологических, химических, геологических. Важной задачей остается необходимость прогнозирования природных катастроф в океане (землетрясения, цунами, штормы).

Полученные в 2018 году результаты связаны с решением актуальных задач, обусловленных необходимостью поиска новых источников природных ресурсов, их освоением, проблемами экологии, связанными с антропогенными воздействиями и растущим общим загрязнением планеты.

Российскими учеными сформирован уникальный массив наблюдений, позволяющий сегодня не только количественно оценивать динамику циркуляции Северной Атлантики, но и тестировать модели циркуляции океана, а также оценивать репрезентативность глобальных систем наблюдений. На основе этого уникального ряда наблюдений построена картина долгопериодной изменчивости конвекции в субполярной Атлантике и водообмена Атлантики и Арктики.

Проанализированы механизмы, формирующие региональную динамику вод и ее влияние на глобальную циркуляцию океана. Впервые представлены обнаруженные благодаря совместному использованию гидрологических, химико-биологических и геохимических наблюдений тенденции в формировании глубоководной конвекции. Показано, как эти уникальные наблюдения используются для улучшения моделирования циркуляции в этом районе, и сформулирована (разработана) наблюдательная стратегия на ближайшие 10–12 лет, основанная на новых методах мониторинга глубинных слоев океана. (ИО РАН).

Разработана новая методика восстановления поверхностных морских течений на основе спутниковых данных с использованием алгоритмов оптического потока. Методика позволяет получать информацию о важнейшей характеристике океана – скорости и направлении поверхностных течений, с высокой точностью и высоким пространственным разрешением, недоступными для ранее известных методов. Используя эту методику, получены принципиально новые представления о динамике распространения материкового стока, взвешенных и растворенных веществ, поступающих в море из малых рек. В частности, впервые описан механизм формирования и распространения внутренних волн в результате впадения в море горных рек. Полученные результаты существенно развивают и уточняют существующие представления о влиянии речного стока в море на гидрологическую структуру и физические, биологические и геохимические процессы в прибрежной зоне. Полученные результаты имеют фундаментальное значение для создания практических методик мониторинга и прогнозирования состояния экологической обстановки в прибрежных зонах моря, предотвращения и ликвидации ее загрязнения, в том числе в прибрежных зонах морей России. (ИО РАН).

На основе анализа спутниковых радиолокационных данных за летне-осенний период 2007 и 2011 гг. исследованы пространственно-временные характеристики океанских вихрей в восточной части Чукотского моря и море Бофорта. Определены ключевые районы существования вихревых структур, их горизонтальные размеры, знак вращения и глубина места, над которым они наблюдались. Около 60% от общего количества вихрей являются циклоническими. Примерно половина всех вихрей наблюдалась в районах с глубинами менее 300 м. Диапазон наблюдаемых диаметров вихрей составил от 1 до 50 км, но около 80% всех вихрей имели диаметры менее 10 км. Поскольку радиус деформации волн Россби для района исследований составляет 10–15 км, основная часть наблюдаемых вихрей относится к субмезомасштабу.

Получены новые данные о состоянии морских экосистем и их реакции на климатические изменения. Установлено, что общее возрастание биологической продукции в Арктике происходит за счет районов, освобождающихся ото льда в летний сезон и смещения на север кромки арктических льдов, в первую очередь, в области континентального склона. Климатические процессы приводят к развитию инвазий (процесс вселений) чужеродных видов в арктические экосистемы. Вселившийся в Карское море несколько лет назад хищный краб-стригун к 2018 году полностью разрушил естественные донные сообще-

ства в районах массовой инвазии. Настолько резких изменений в стабильной экосистеме Карского моря не отмечалось за все время наблюдений с середины 1920-х годов. Обследование районов крупнейших захоронений радиоактивных отходов в восточной части Карского моря установило отсутствие утечек загрязнений. (ИО РАН).

По данным экспедиционных исследований 2004–2018 гг. средняя концентрация сероводорода в водах Черного моря слабо изменяется вблизи верхней границы анаэробной зоны и значительного увеличения за последние 20 лет не зафиксировано. Однако в последние годы существенно возросли пространственно-временные изменения наблюдаемых концентраций. На глубине ~ 650–700 м они уменьшаются, на глубине 1000 м остаются постоянными, а в глубинных слоях (ниже 1750 м) прослеживается небольшое возрастание концентрации сероводорода. (МГИ РАН).

Впервые показаны сезонная динамика и пространственные различия концентраций растворенного органического углерода (DOC) в водах Нижнего Дона, Таганрогского залива, Азовского и северо-восточной части Черного морей. Данные 2018 года, отличающегося повышенным стоком р. Дон и ярко выраженным половодьем в апреле-июне, позволили выявить отличие в сезонном ходе концентраций DOC в маловодные и многоводные годы. (ЮНЦ РАН).

Направление 134 **«Поверхностные и подземные воды суши – ресурсы и качество, процессы формирования, динамика и механизмы природных и антропогенных изменений; стратегия водообеспечения и водопользования страны»**. Исследования ориентированы на создание новых методов, моделей и технологий (в том числе адаптированных к использованию информации с искусственных спутников Земли) для оценки и прогнозирования состояния ресурсов и качества вод суши в условиях нарастающего антропогенного воздействия на водные объекты и их бассейны и неопределенности климатических изменений. Решение этих задач непосредственно связано с реализацией «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года» и обеспечением водной безопасности России.

Особое внимание в 2018 году отводилось исследованиям стратегически важных для России озер: Байкала, Ладожского и Онежского, Телецкого и Каспийского моря-озера, имеющих стратегическое значение для развития экономики России и ряда других стран, которые располагаются на водосборах этих озер. Необходимость принятия незамедлительных практических мер по сохранению ресурсов уникальных озер была сформулирована 7 мая 2018 года в Указе Президента Российской Федерации В.В. Путина «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». Правительству Российской Федерации при разработке национального проекта в сфере экологии было поручено исходить из того, что среди прочих проблем необходимо обеспечить решение задач по сохранению уникальных водных объектов, в том числе по сохранению озера Байкал, а также ряд мероприятий по берегам и прибрежной акватории озер Байкал, Телецкое, Ладож-

ское, Онежское и рек Волга, Дон, Обь, Енисей, Амур, Урал, Печора. На встрече Каспийских государств в ноябре 2014 года отмечалась ключевая роль гидрометеорологического обеспечения исследований Каспия (Водные ресурсы, 2016), на саммите Каспийских государств 12.08.2018 г. был подписан исторический документ – «Конвенция о статусе Каспийского моря». Этот документ готовился 22 года. В результате Каспий назван водоемом, окруженным пятью государствами, и по политико-экономическим соображениям не отнесен к категориям «море» или «озеро» (<https://ria.ru/economy/20180815/1526577816.html>).

Развернуты исследования, направленные на разработку Концепции по снижению диффузного загрязнения водных объектов в бассейне р. Волги. Работа проводится в рамках приоритетного государственного проекта «Оздоровление Волги». Актуальность работы обусловлена отсутствием обоснованных методик оценки диффузного стока от различных источников, что снижает эффективность разрабатываемых водоохранных мероприятий. Показано, что поступление загрязнений от диффузных (неконтролируемых) источников на некоторых водохозяйственных участках в бассейне р. Волги может многократно превосходить их долю от сосредоточенных (контролируемых) источников. Разработаны методики оценки масштабов диффузного загрязнения, поступающего с городов, промышленных площадок, сельскохозяйственных территорий, свалок и др. Создана ГИС «Риск диффузного загрязнения Волги», обобщающая информацию об источниках и масштабах поступления загрязняющих веществ (в том числе в зонах повышенного риска) на водосбор бассейна р. Волги.

Разработан макет универсальной автоматизированной базы гидрометеорологической, гидроэкологической и водохозяйственной информации, которая может служить информационным «ядром», обеспечивающим оперативную мониторинговую деятельность региональных гидрометеорологических центров и бассейновых управлений, информационную поддержку расчетно-прогностических моделей, обслуживание основных видов потребителей. Разработка может использоваться для оценки и прогнозирования чрезвычайных гидрологических ситуаций на водных объектах Дальнего Востока и пригодна для тиражирования в других регионах Российской Федерации и за рубежом для организации системы природного мониторинга (ИВП РАН).

Разработана моделирующая система, описывающая тепло и массоперенос в системе водосбор-водоток-водоем. Объектами применения явились крупнейшие Европейские озера – Ладожское, Чудско-Псковское, Онежское, Ильмень и их водосборы (ИНОЗ РАН).

В 2018 году выполнены исследования по оценке изменений экосистем и совершенствованию долгосрочных прогнозных оценок (на годы – десятки лет) изменения экосистем озер Байкал, Ладожского и Онежского, Каспийского моря-озера. Разработаны 3D математические модели термо-гидродинамики и экосистем озер, откалиброванные и верифицированные по данным наблюдений (ИНОЗ РАН, ИВПС КарНЦ РАН, ИВМ РАН, ИВП РАН).

Впервые разработана 3D модель экосистемы, которая позволяет воспроизводить особенности концентраций и биомасс компонентов экосистемы в

виде биогеохимического круговорота вещества, осуществляемого процессами переноса и трансформации. Прогностические оценки и диагностические расчеты по воспроизведению настоящего и будущего состояния экосистемы Ладожского озера за период с 1996 по 2040 гг. показали, что при потеплении климата средняя концентрация минеральной формы фосфора в вегетативный период останется стабильной. С 2020 г. и до 2040 г. будет наблюдаться увеличение первичной продукции: от 197 мгс/м²/сут. (в среднем за 1996–2015 гг.) до 229 мгс/м²/сут. (2021–2040 гг.). (ИВПС КарНЦ РАН совместно с СПб филиалом ИО РАН).

Для совершенствования прогнозов гидрологического режима озер Ладожского, Онежского, Байкал и Каспия выполнены ретроспективные расчеты атмосферного переноса влаги и его приповерхностного баланса в бассейнах водосборов озер по данным реанализа NCEP/NCAR с использованием моделей, созданных в ИВМ РАН, с пространственным разрешением по долготе и широте $2.5^\circ \times 2.5^\circ$. Показано, что природа колебаний уровня Каспийского моря, озер Ладожское, Онежское и во многом для Байкала обусловлена сменой тенденций в переносе тепла и влаги с Северной Атлантики и Арктики в их бассейны. При этом зональный перенос влаги можно отнести к глобальному (главному) фактору изменчивости баланса влаги над водосборами, а меридиональный – к региональному фактору. Разработана вихре-разрешающая 3D модель трехмерной циркуляции Каспийского моря, предназначенная для исследования изменчивости его уровня и термохалинных полей: от синоптической до климатической (ИВМ РАН, ИО РАН).

Исследования, проведенные в рамках направлений 135 «Физические и химические процессы в атмосфере и на поверхности Земли, механизмы формирования и изменения климата, проблемы криосферы» и 137 «Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества» направлены на дальнейшее развитие современных представлений о природе климатических изменений, на оценку масштаба и характера изменений климата на территории России и других регионов мира, определение соотношения глобальных и региональных трендов, совершенствование методов численного моделирования атмосферных и климатических процессов, на анализ влияния климатических изменений на трансформацию отдельных компонентов природной среды, а также адаптации расселения и хозяйства к складывающейся ситуации, на развитие методов мониторинга состава атмосферы и изменений ее состояния.

Развитие атмосферных и климатических моделей взаимодействия атмосферы, гидросферы (океана), деятельного слоя суши, биосферы и криосферы является одним из ключевых направлений современных научных исследований.

Поиск причин наблюдаемых изменений климата остается одной из самых дискутируемых проблем. В настоящее время широко обсуждается вопрос о ра-

тификации Парижского соглашения по климату 2015 года. Риски ратификации обусловлены следующими факторами:

- значительной неопределенностью в оценках изменения климата в связи с отсутствием единого мнения в мировом и российском научных сообществах о причинах глобального потепления и способах борьбы с ним;
- отсутствием правил реализации Парижского соглашения, разработка которых планировалась к завершению в конце 2018 года;
- тем, что Российская Федерация не готова к быстрому переходу к модели «низкоуглеродного развития».

Российская академия наук неоднократно указывала на значительную неопределенность в оценках изменения климата. Недостаточно развиты и подходы к оценке рисков. Для объективной оценки рисков и, соответственно, выработки предложений по их нейтрализации необходимы тщательные междисциплинарные исследования заинтересованных министерств и ведомств.

Принятые в 2009–2010 гг. Климатическая доктрина Российской Федерации и Государственный план изучения погоды и климата нуждаются в обновлении. В связи с угрозами изменения климата представляется целесообразным сформировать на государственном уровне новую междисциплинарную программу «Изменение климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования».

Состояние криосферы, включая проблему устойчивости вечной мерзлоты, важно для России в связи с тем, что льды, снега и мерзлота занимают огромную территорию северо-востока Европейской части, северной и центральной Сибири и простираются на шельф Северного Ледовитого океана. Существует объективная необходимость дальнейшего совершенствования теории формирования криолитозоны и выработки методологических подходов к созданию основ крио-стратиграфии, включающих разработку критериев определения крио-стратиграфических горизонтов и выделения локальных и территориальных крио-стратотипов. Отмечена важность изучения роли живого вещества в криолитозоне.

Проведены специальные исследования условий стабильности мерзлоты в обстановке потепления климата. Показано, что присутствие значительного содержания незамерзшей воды в тонко-дисперсных грунтах при отрицательных температурах способствует проникновению значительной части теплового потока, поступающего с дневной поверхности внутрь многолетнемерзлых пород (ММП) через их верхнюю границу, не вызывая при этом значительного многолетнего оттаивания на этой границе. Таким образом, при прочих равных условиях, скорость многолетнего оттаивания с поверхности многолетнемерзлых тонкодисперсных пород существенно ниже в сравнении с грубодисперсными породами (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН).

Выявлены особенности залегания нестационарной мерзлой толщи Вилуйской синеклизы. Составлена карта глубины залегания нижней границы многолетнемерзлой толщи, а также серия мерзлотно-геотермических разрезов. Дана характеристика мощности многолетнемерзлой толщи (ММТ). Установлено,

что мощность мёрзлых толщ изменяется в широких пределах от 45 до 820 метров и имеет тенденцию к сокращению в восточном направлении. Это обусловлено повышением в этом же направлении внутриземного теплового потока и особенностями палеогеографических условий территории. Отмечаются значительные колебания глубины залегания подошвы ММТ, достигающие 200 метров (ИМЗ СО РАН).

На основе климатической модели INM-CM5 продолжительностью 1200 лет исследован механизм естественных колебаний климата в Арктике с периодом около 60 лет в интервале последних 1200 лет. Показано, что за 10–15 лет до арктического потепления имеет место более интенсивный, чем обычно, поток атлантической воды в Северный Ледовитый океан (СЛО), поэтому у берегов и границы шельфа солёность и плотность вод меньше обычной. Цикличность адвекции атлантической воды в СЛО также имеет период около 60 лет. В результате адвекции происходит потепление, но после периода потепления вода у берегов и границы шельфа становится более солёной и тяжёлой, что приводит к ослаблению потока атлантической воды и смене фазы колебания (ИВМ РАН).

Построена новая модель аэрозольной динамики в атмосфере с учетом кинетических процессов трансформации и нового блока, описывающего процессы нуклеации на ионах. В новой модели нуклеации динамические уравнения решаются явным образом для нейтральных, положительно и отрицательно заряженных частиц по размерам (ИВМ РАН).

С помощью уникального высоковольтного оборудования (генератор импульсных напряжений мультимегавольтного уровня) и скоростной камеры с высоким пространственным разрешением и наносекундной экспозицией впервые получены детальные изображения стримерных вспышек скачков положительного и отрицательного лидеров длинной искры в поле атмосферного электричества. Обнаружено сходство формы и структуры стримерных вспышек лидеров обеих полярностей (вопреки существовавшему ранее представлению об их различии) и схожесть формы канала скачка положительного лидера с каналами длинных стримеров. Выдвинута гипотеза о формировании скачка положительного лидера в канале стримера, в отличие от скачка отрицательного лидера, формируемого в процессе роста пространственного лидера длинной искры и молнии (ИПФ РАН).

С использованием спутниковых данных проанализированы пространственно-временные аномалии содержания метана над Северной Евразией и оценена связь с вариациями атмосферной циркуляции. В условиях атмосферного блокирования (лето 2016 г.) пространственное распределение аномалий содержания метана в атмосфере ΔCH_4 характеризовалось положительной корреляцией с пространственным распределением аномалий приземной температуры ΔT_s . Полученные результаты свидетельствуют, что региональное повышение температуры при субарктических летних блокировках способствует усилению эмиссии CH_4 в атмосферу в обводненных и заболоченных северных регионах с вечной мерзлотой (ИФА РАН).

Разработаны научные основы восстановления природных экосистем в соответствии с принципом их самоорганизации с целью возвращения нарушенных земель техногенных ландшафтов биосферному фонду для обеспечения устойчивого состояния биосферы. Исследования процессов биологической организации горной породы в ходе мониторинга при восстановлении нарушенных земель горнопромышленной отрасли созданием биологически активной среды подтвердили правильность разработанной методологии, обеспечивающей возможность восстановления почвенно-растительного покрова в масштабах, необходимых для саморегуляции природной среды (ГоИ КНЦ РАН).

На основе анализа архива данных CRUTEM4 (Hadley/CRU) подтверждена гипотеза о росте разброса температуры при росте ее средних значений на суше. На большей части территории России зимой наблюдается статистически значимое уменьшение минимальной и увеличение максимальной суточной температуры, сопровождаемое увеличением ее изменчивости. В то же время на юге Сибири зимой растут как максимальные, так и минимальные суточные температуры. Сделан важный вывод о связи крупномасштабной атмосферной циркуляции с изменениями площади арктического морского льда и ее вкладе в рост повторяемости холодных зим на севере Евразии. Дана оценка сокращения площади оледенения в горных ледниковых системах России с середины XX века. Различия в степени отступления ледников определяются специфическими региональными сочетаниями изменений летней температуры приземного воздуха и зимних осадков. Как показывают разработанные в сценарии изменения речного стока и водопотребления в России до 2030 года, из-за изменений климата даже при радикальных мерах по экономии воды гидро-экологическая ситуация в Южном и Северокавказском федеральных округах резко ухудшится. В результате математического и картографического моделирования удалось установить, что климатические изменения вызвали перемещение сроков, путей миграции и областей зимовок и в конечном итоге снижение численности ряда видов птиц, расширение в России границы зон, где возможно ежегодное многократное размножение колорадского жука – опаснейшего сельскохозяйственного вредителя (ИГ РАН).

Дано научное обоснование заповедной системы России как одного из лучших достижений природоохранной теории и практики мирового значения. Издана монография «История заповедной системы России» /Чибилёв А.А., Тишков А.А. М.: Русское географическое общество, Постоянная Природоохранительная комиссия, 2018. Монография освещает исторические предпосылки возникновения заповедного дела в России. Рассматриваются основные этапы развития государственной сети ООПТ. Дана оценка роли академической науки в обосновании географической сети заповедных территорий и организации научных исследований (Институт степи УрО РАН, ИГ РАН).

Рассмотрено развитие цифрового пространства России, установлены закономерности информатизации общества, распространения по территории различных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и роль географических факторов в этом процессе. Выявлена трансформация терри-

ториальной структуры Крыма после его присоединения к России и изучена ситуация в его северных районах, прилегающих к новой закрытой границе с Украиной. Транзитные районы полуострова превратились в периферийные, а периферийные приобрели центральные функции (Керчь). Пространственная ориентация транспортной системы изменилась с субмеридиональной на субширотную (ИГ РАН).

Направление 136 **«Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий»** крайне важно, поскольку уменьшение рисков и снижение уровня негативных последствий природных и техногенных катастроф является одним из приоритетов государственной политики в области экологической безопасности. В основе реализации концепции экологической безопасности лежит развитие систем сбора и анализа геофизической, гидрометеорологической, геохимической и иной информации, а также построение новых теоретических моделей многофакторных динамических систем. При существующем многообразии природных (землетрясения, паводки и наводнения, оползни, аномальные атмосферные явления) и техногенных (экзогенных) катастроф, связанных с функционированием промышленных объектов повышенной опасности (АЭС, хранилища отработанного ядерного топлива гидроэлектростанции, экологически вредные производства, ГОК'и и др.), поставленные задачи могут быть решены лишь путем развития исследований в различных по своему профилю академических институтах в тесной кооперации с производственными организациями и ведомственными структурами. При широкой постановке работ в целом, те или иные конкретные направления выступают в различные периоды времени на первый план в зависимости от складывающейся ситуации.

Впервые выявлены и изучены отложения 33 цунами на побережье Авачинского залива, произошедших на протяжении последних ~4200 лет, 5 из которых относятся к историческим событиям (1737, 1792, 1841, 1923 и 1952 гг.). Для всех выявленных цунами восстановлены параметры вертикальных и горизонтальных заплесков с учетом положения древних береговых линий на момент цунами. Полученные данные позволили выявить зависимость повторяемости цунами от их высот и дальности заплесков. Эта информация необходима для оценки цунамиопасности и долгосрочного прогноза цунами и сильных землетрясений в Камчатской зоне субдукции. Каталог исторических цунами для побережья Авачинского залива увеличен более чем в 10 раз (ИВиС ДВО РАН).

На основе спутниковых данных и видеонаблюдений проведен комплексный анализ вулканической активности на Курильских островах за 2017 год. Выявлены основные параметры эруптивных событий, связанных с вулканами Эбеко (о. Парамушир), Чиринкотан (о. Чиринкотан), Пик Сарычева (о. Матуа) и Кудрявый (о. Итуруп). Даны рекомендации по использованию данных дистанционного зондирования для выявления термальных аномалий как предвестников вулканических извержений и динамики распространения пепловых облаков.

Результаты мониторинга группой SVERT в оперативном режиме передавались в ГО и ЧС Сахалинской области и в международные консультативные центры по вулканическим пепловым облакам (ИМГиГ ДВО РАН).

Выявлены основные пути переноса и районы накопления нефти в береговой зоне и проведена оценка степени воздействия вероятных разливов нефти на прибрежные и водные растения Азовского моря. Выделены малоустойчивые сообщества подводных трав, устойчивые сообщества макроводорослей и высокоустойчивые сообщества тростника южного. Показано, что разливы нефти объемом 1000 т не будут критичны для развития прибрежно-водных и водных растений на большей части акватории Азовского моря и не приведут к значительному ущербу. В период осолонения Азовского моря (который отмечается с 2010 года и по настоящее время) формируются более устойчивые к воздействию нефти и нефтепродуктов сообщества морских трав, прежде всего *Zostera noltii*, а в периоды распреснения – менее устойчивые сообщества из представителей *Potamogeton*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Vallisneria* (ЮНЦ РАН).

В связи с проблемой оползневой опасности проанализированы геолого-литологические условия побережья Севастопольской бухты и западной части Гераклейского полуострова. Показано, что регулярность образования оползней на северной стороне бухты определяется подмывом морем языка оползней и постоянными обвалами в головных частях. Антропогенный фактор выражается в смачивании склонов в результате поливов, утечек и отсутствия канализации. На Гераклейском п-ове активизация обвальных и оползневых процессов связана с возникновением трещин склонов вследствие интенсивного освоения плато под сады и дачи. Это ослабляет устойчивость склонов и создает реальную опасность образования обвалов и блоковых оползней. Разработана картографическая основа и структура легенды карты экзогенных опасностей Севастопольского региона. Предложен комплекс мер для обоснования рабочего проекта детальной инженерной защиты побережья (МГИ РАН).

Направление 138 «Разработка методов, технологий, технических и аналитических средств исследований поверхности и недр Земли, гидросферы, атмосферы и околоземного космического пространства, геоинформатика».

Внесен значимый вклад в развитие современных дистанционных и геоинформационных методов географических исследований. Использование в единых информационных базах разнородных качественных и количественных данных – дистанционного зондирования в разных масштабах, государственной и ведомственной статистики, инструментальных и визуальных наблюдений и т.д. – одна из основных тенденций в географической науке. При этом массовый характер приобретают массовые несоответствия пространственных данных, традиционно рассматриваемые как препятствия для эффективного применения геоинформационных технологий. Разработанные в 2018 году методы, апробированные на примерах геопорталов органов местного самоуправления и различных организаций, создания мультимасштабного ряда ландшафтно-поч-

венных карт, позволяют превратить такие несоответствия из барьера в дополнительный информационный ресурс.

Предложена и теоретически обоснована, спроектирована и разработана успешно прошедшая опытно-промышленные испытания и не имеющая аналогов много-зондовая мульти-частотная трёхрежимная электромагнитная каротажная система высокого разрешения (ЗЭТ), защищенная шестью патентами и предназначенная для достоверного выявления зон макро-анизотропии электропроводности пород и связанных с ними интервалов различной степени нефтенасыщения в сложно построенных тонкослоистых терригенных и трещиноватых карбонатных коллекторах. (ИНГГ СО РАН совместно с промышленным партнером НПП ГА «Луч»).

Введена в строй новая магнитная обсерватория на базе Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова (Карелия). На обсерватории установлен не имеющий мировых аналогов отечественный магнитометр экспериментальной конструкции, созданный в Уральском федеральном университете. Обсерватория расположена в высокоширотной области вблизи полярного круга (66,55°с.ш.), что делает её исключительно важным элементом сети геомагнитных наблюдений РАН в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ). Данные, регистрируемые на этой обсерватории, будут крайне востребованы российским и мировым научным сообществом, ведущим фундаментальные исследования в области геомагнетизма и солнечно-земного взаимодействия. Регистрируемая на обсерватории информация оперативно передается в Центр геомагнитных данных, созданный в ГЦ РАН (ГЦ РАН при содействии МГУ имени М.В. Ломоносова).

Для оценки сейсмической опасности и минимизации последствий возможных сильных землетрясений на Кавказе и в Крыму создана специализированная ГИС-база данных и многофункциональный пользовательский интерфейс для работы с ней. Впервые в единой геоинформационной среде собраны подробные результаты распознавания зон повышенной сейсмической опасности для Кавказа и Крыма, а также исходные данные, лежащие в основе распознавания. Разработанная база данных дает возможность проведения комплексной, многокритериальной оценки сейсмической опасности в заданных регионах. Это важный шаг вперед в развитии геоинформатики (ГЦ РАН).

Создан флуориметр с многоканальной системой возбуждения на светодиодах, предназначенный для оперативного проведения полного биотестирования состояния естественных акваторий. Область применения устройства – научные исследования, оперативные экологические исследования, оценка биопродуктивности вод, подспутниковые измерения гидрооптических характеристик морской воды (ТОИ ДВО РАН).

Создан лазерно-интерференционный донный сейсмограф – геофизический прибор для измерения микродеформаций земной коры на дне морей и океанов и изучения пространственно-временной структуры геофизических полей инфразвукового и звукового диапазонов. За счет предложенной компактной жесткой конструкции сейсмографа достигается устойчивая к эксплуатационным нагрузкам интерференционная картина, а чувствительность прибора

оказывается независимой от размеров сейсмографа (длины измерительного плеча). В то же время при такой конструкции и вертикальной установке прибора он имеет максимальную чувствительность к вертикальной составляющей микродеформаций земной коры в инфразвуковом диапазоне частот. Поскольку измерительным элементом является только мембрана, сейсмограф в месте его постановки измеряет не относительные, а абсолютные смещения участков дна с учетом передаточных характеристик системы «породы дна – наполнение защитной камеры – мембрана» (ТОИ ДВО РАН).

На базе геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево» создан уникальный измерительный комплекс для исследования взаимосвязанных процессов в литосфере, атмосфере, ионосфере Земли. Комплекс включает единственную на Восточно-Европейской платформе малоапертурную сейсмическую группу, магнитометрические, электроизмерительные, навигационные и радиофизические средства наблюдения, ионозонд с линейной частотной модуляцией. Анализ данных 2018 года позволил получить новые знания о структуре геосфер и протекающих в них физических процессах. Впервые построены скоростные разрезы земной коры и верхней мантии до глубины 300 км коллизийной зоны и микро-континента Волго-Уралья, продемонстрирована связь между динамическими возмущениями напряженно-деформированного состояния литосферы и тонкой структурой геомагнитных вариаций, разработана новая методика расчета параметров нижней ионосферы, возмущенной солнечными вспышками (ИДГ РАН).

Впервые разработана методика и составлена карта инженерно-геологического районирования Центрального федерального округа России по условиям размещения предприятий и полигонов утилизации твердых бытовых отходов (ИГЭ РАН).

Разработана методика картографического моделирования теплофизических неоднородностей тундрового напочвенного покрова (ТНП) арктических и субарктических зон по данным космической съемки видимого и теплового диапазонов длин волн (ИПНГ РАН).

Крупнейший российский производитель – АО «Башкирская содовая компания» – производит соду из известняка стерлитамакских «шиханов» – уникальных геологических объектов, один из которых является памятником природы, и в связи с этим испытывает дефицит сырья, чреватый остановкой производства. Альтернатива – снятие статуса памятника природы и уничтожение объекта мирового уровня. Разработана принципиально новая схема решения этой проблемы. Каменное сырье, которое переводится в углекислый газ для получения соды, предлагается заменить техногенным углекислым газом из промышленных выбросов предприятий, расположенных в непосредственной близости от БСК. Изменение технологического цикла технически и экономически на сегодняшний день вполне реализуемо, но потребует межведомственных инвестиций на модернизацию производства. Осуществление всего комплекса мероприятий сделает возможным сбережение памятника природы, сохранение производства соды и уменьшение количества промышленных отходов, т.е. может быть до-

стигнут комплексный природоохранный, экономический, экологический и социальный эффект (ИГ УФИЦ РАН).

Выполнена современная типизация и районирование карста – наиболее опасного геологического процесса Южного Урала и Предуралья, где в карстоопасных районах проживает 40% городского и 30% сельского населения. Впервые составлен ГИС-проект «Карст Южного Урала и Предуралья» на уровне мировых стандартов, который позволяет получать количественные показатели карста, оценивать карстоопасность территории при проектировании и строительстве социально-экономических объектов (ИГ УФИЦ РАН).

Разработана методика диагностирования магистрального газопровода методом георадиолокации. Методика основана на результатах экспериментальных работ по исследованию и диагностированию геокриологических условий прокладки участков действующего магистрального газопровода Бованенково – Ухта ООО «Газпром трансгаз Ухта» с применением георадиолокации и вошла составной частью в нормативные документы для проектирования строительства и эксплуатации объектов ОАО «Газпром» (Институт геофизики УрО РАН).

Обновлен портал открытых данных ГГМ РАН <http://data.sgm.ru> на основе теории территориально распределенных ресурсов, современных порталных технологий, а также методов обработки больших наборов данных. Портал предоставляет наборы фоновых данных ГГМ РАН в режиме онлайн. Это позволяет научным сотрудникам, преподавателям/студентам исследовать, загружать и использовать данные ГГМ РАН для научных исследований или образовательных целей. В дальнейшем разработанное решение предполагается использовать для создания территориально распределенной информационной среды естественнонаучных музеев России (ГГМ РАН).

Важнейшие достижения

1. В 2018 году завершилось создание новой Тектонической карты Арктики (в циркумполярной проекции), работа над которой продолжалась с 2008 года при поддержке Комиссии по геологической карте Мира при ЮНЕСКО. Карта основана на новых данных, полученных в результате геофизических работ, геологического изучения Арктических островов и прилегающей суши, опробования океанического дна ранее слабоизученной Центральной части Арктического океана.

Научным результатом этой работы является современная тектоническая модель Арктики, которая отражает согласованное представление международного научного сообщества о строении этого региона и его геодинамическом развитии. Доказана континентальная природа поднятия Менделеева и котловины Подводников и их генетическая связь с шельфовыми структурами Восточно-Сибирской окраины Евразии.

Тектоническая карта (рис. 107) используется в качестве доказательной базы при решении геополитических вопросов, связанных с делимитацией внешней границы континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане.

Работа над картой проводилась в рамках Государственного задания Федерального Агентства по недропользованию Российской Федерации (Роснедра) (ВСЕГЕИ, авторы: Петров О.В., Шокальский С.П., Кашубин С.Н., Морозов А.Ф., Соболев Н.Н.).

Публикации:

Petrov, O.V., Morozov, M., Shokalsky, S., et al., 2016. Crustal structure and tectonic model of the Arctic region // *Earth-Science Review*. 154, 29–71.

Smelror M., Petrov O.V. Geodynamics of the Arctic: From Proterozoic orogens to present day seafloor spreading // *Journal of Geodynamics*. 121: 185–204.

Petrov, O.V., Smelror, M., 2015. Uniting the Arctic frontiers – International cooperation on circum-Arctic geological and geophysical maps // *Polar Record* 51, 530–535.

Petrov, O.V., Pubellier, M., 2019. Tectonic Map of the Arctic. SPb.: VSEGEI Publishing House, pp. 60 (in press).

2. Опубликовано коллективная монография под редакцией чл.-корр. РАН Каминского В.Д., д.г.-м.н. Поселова В.А., д.г.-м.н. Пискарева-Васильева А.Л. **«Geologic structures of the Arctic Basin», Springer. (2018)**, содержащая полное описание геологических и геофизических данных по строению земной коры в Арктическом бассейне (рис. 108).

Издание включает в себя детальное описание имеющихся кернов и образцов пород, анализ наблюдаемых геофизических аномалий и гипотезы происхождения структур глубоководной части Северного Ледовитого океана.

Публикация:

Kaminsky, V.D., Piskarev, A.L., Poselov, V.A. (eds.) *Geologic structures of the Arctic Basin*. Springer. (2018) pp. 1-375. doi: 10.1007/978-3-319-77742-9

(ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербургский государственный университет).

3. Перспективы нефтегазоносности палеозойских и мезозойских осадочных комплексов Западно-Сибирского сектора Арктической зоны России

На основе обобщения и комплексной интерпретации материалов сейсмоки, глубокого бурения, биостратиграфических, сиквенс-стратиграфических, литологических, геохимических, палеогеографических исследований построена новая геологическая модель Западно-Сибирского сектора Арктической зоны России, выполнена детальная историко-геологическая характеристика нефтегазогенерационного потенциала юрских отложений и уточнена оценка перспектив нефтегазоносности. Показано, что Западно-Сибирский сектор Арктической зоны Российской Федерации является мощным резервом воспроизводства минерально-сырьевой базы углеводородов (рис. 109).

На шельфе Карского моря выделено два осадочных бассейна, разделенных Северо-Сибирским порогом. Южно-Карская региональная депрессия, которая является северным окончанием Западно-Сибирской геосинеклизы, располагается в Южной части Карского моря. Северная часть Карского моря пред-

ставляет собой самостоятельную Северо-Карскую провинцию. На ее большей части перспективы нефтегазоносности связаны с палеозойскими осадочными комплексами (ИНГГ СО РАН, А.Э. Конторович, В.А. Конторович, Д.В. Аюнова, Е.В. Борисов, Л.М. Бурштейн, Л.Г. Вакуленко, С.М. Гусева, С.В. Ершов, Л.М. Калинина, А.Ю. Калинин, М.С. Канаков, А.К. Карташова, Н.С. Ким, Д.А. Новиков, Н.В. Петрова, Е.А. Пономарева, А.П. Родченко, С.В. Рыжкова, П.И. Сафронов, М.В. Соловьев, Е.С. Сурикова, А.Н. Фомин, Н.И. Шестакова, П.А. Ян.).

Публикации:

Конторович В.А., Сурикова Е.С., Аюнова Д.В., Гусева С.М. Сейсмические образы крупных газовых залежей в Арктических регионах Западной Сибири и на шельфе Карского моря // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2018. №4.

Конторович В.А. Нефтегазоносность Карского моря // Деловой журнал Neftegaz.RU – 2018. №11. С.34-43.

Ершов С.В., Бардачевский В.Н., Шестакова Н.И. Особенности строения и корреляция продуктивных пластов берриас-нижнеаптских отложений Гыданского полуострова (Российская Арктика) // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. №11. С. 1870–1882.

4. Проведены детальные исследования условий стабильности мерзлоты в обстановке климатического потепления

Выполнена серия численных экспериментов, которые показали, что присутствие значительного содержания незамерзшей воды в тонко-дисперсных грунтах при отрицательных температурах способствует проникновению значительной части теплового потока, поступающего с дневной поверхности внутрь многолетнемерзлых пород (ММП) через их верхнюю границу, не вызывая при этом их значительного многолетнего оттаивания на этой границе. Это тепло проникает дальше в толщу мерзлых пород и затрачивается на частичное оттаивание порового льда в более глубоких слоях мерзлоты, еще находящихся при отрицательных температурах (рис.110). Следовательно, при прочих равных условиях, скорость многолетнего оттаивания с поверхности многолетнемерзлых тонкодисперсных пород существенно снижается в сравнении с грубодисперсными породами. (ТюмНЦ СО РАН, Институт криосферы Земли СО РАН, Романовский В.Е.)

Публикация:

Nicolsky, D. J. and V. E. Romanovsky (2018). Modeling long-term permafrost degradation, Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 2018, V. 123, Issue 8, pp. 1756–1771 <https://doi.org/10.1029/2018JF004655>.

5. Получено подтверждение присутствия гидратированного глубинного мантийного резервуара Архейского возраста

Главные, примесные элементы и летучие компоненты были измерены в расплавленных включениях в оливине из свежих коматиитов возрастом 2,7 млрд

лет из формации Релаянс, зелено-каменного пояса Белингве, Зимбабве. Реконструированные составы расплавных включений содержат 20–23,5 мас.% MgO и до 0,3 мас.% H₂O. В расплавных включениях из более поздних зерен оливина (низкие содержания Fo) наблюдается избыток Na₂O, CaO, Li, La, Cu, Rb, Y, Sc, а также летучих компонентов (H₂O, F, Cl и S) в сравнении с другими несовместимыми элементами, который связан с ассимиляцией мафического материала, измененного взаимодействием с морской водой. В наиболее примитивных расплавных включениях из магнезиального оливина признаки ассимиляции не наблюдаются.

Первичный расплав, реконструированный с использованием составов включений в наиболее магнезиальном оливине (Fo93.5), содержит до 27,5 мас.% MgO и приблизительно 0,2 мас.% H₂O. Присутствие H₂O немного снижает ликвидусную температуру до прибл. 1510°C. На основе полученных результатов предложено образование коматиитовой магмы при давлении 7 ГПа и температуре 1790°C в мантийном плюме. Плюм захватил воду и, вероятно, хлор при взаимодействии с водосодержащей транзитной зоной мантии по механизму, близкому к ранее предложенному в работе Sobolev et al. (2016) для коматиитов Канады (рис. 111) (ГЕОХИ РАН, академик РАН Соболев А.В., Асафов Е.В., Батанова В.Г., Портнягин М.В., Крашенинников С.П.).

Публикация:

Asafov, Sobolev, Gurenko et al, Chemical Geology, 2018.

6. На основе статистического анализа больших объемов данных для различных групп пород доказано, что оценки абсолютного возраста, основанные на Sm-Nd и Lu-Hf изотопных системах, хорошо согласуются

В то же время обнаружено отсутствие согласованности между двустадийным Sm-Nd модельным возрастом и U-Pb возрастом по модели Стейси-Крамерса, что уместно называть третьим свинцовым парадоксом (рис. 112, 113).

Рисунок 112 демонстрирует хорошую согласованность между значениями Lu-Hf и Sm-Nd двустадийного возраста (соответственно – T_{Hf2} и T_{Nd2}) для различных групп пород как мантийного, так и корового происхождения. Такая согласованность определённо указывает на реальность оценок двустадийного модельного возраста в обеих изотопных системах.

Рисунок 113 демонстрирует, что между значениями Sm-Nd двустадийного модельного возраста – T_{Nd2} – и U-Pb возраста – T_{pb} (S-K) – по модели Стейси-Крамерса (Stacey, Kramers, 1975) для подавляющего большинства имеющихся данных наблюдается значительная рассогласованность.

Модель Стейси-Крамерса также широко используется в изотопно-геохимических и геохронологических приложениях, особенно в рудной геологии и геохимии, хотя, как правило, в отрыве от Sm-Nd данных. На основе проведённого систематического исследования сделан вывод о несостоятельности модели Стейси-Крамерса. Генетическую причину этого парадокса ещё предстоит исследовать и понять, однако сейчас его уместно было бы называть третьим свинцовым парадоксом дополнительно к двум другим, давно существующим и

пока неразрешённым: (1) несбалансированность изотопных отношений свинца относительно геохроны в координатах $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ и (2) несоответствие между наблюдаемыми Th/U отношениями в мантийных породах и вычисленными величинами Th/U отношений в них на основе изотопных данных (ГЕОХИ РАН, член-корреспондент РАН Ю.А.Костицын).

7. С целью реконструкции изменения изотопного состава стронция в морской воде в течение мезозоя, определения времени и причин Sr-изотопных аномалий, были выполнены измерения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в арагонитовых раковинах цефалопод из разных регионов мира. **Впервые установлен значительный перепад между среднепермским минимумом и раннетриасовым максимумом** (рис. 114), который можно связать с двумя важнейшими событиями фанерозоя: (1) усилением ранне-среднепермской вулканической активности при раскрытии океана Неотетис, (2) существенным расширением площади суши и интенсификацией процессов выветривания в раннетриасовое время вследствие коллизии Северо-Китайского и Южно-Китайского кратонов (ДВГИ ДВО РАН, Захаров Ю.Д., Попов А.М.).

Публикации:

Zakharov Y.D., Dril S.I., Shigeta Y., Popov A.M., Baraboshkin E.Y., Michailova I.A., Safronov P.P. Newaragonite $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ records of Mesozoic ammonoids and approach to the problem of N, O, C and S isotopes in the evolution of the Earth // *Sedimentary Geology*. 2018. Vol. 364. P. 1–13;

Kani T., Isozaki Y., Hayashi R., Zakharov Y.D., Popov A.M. Middle Permian (Capitanian) seawater $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ minimum coincided with disappearance of tropical biota and reef collapse in NE Japan and Primorye (Far East Russia) // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2018. Vol. 499. P. 13–21.

8. Структурно-химические неоднородности и парагенетические ассоциации минералов как отражение процессов минералообразования

На Северо-Востоке России выделены новые типы месторождений стратегических металлов: золота и висмута. Эти месторождения тесно ассоциируют с позднемезозойскими орогенными гранитоидами I- и S-типа ильменитовой серии. Самородное золото ассоциирует с висмутином и сульфовисмутитами. Изучение флюидных включений и стабильных изотопов по 18-ти Au-Bi месторождениям позволили реконструировать РТХ условия минералообразования (рис. 115) и источники флюидов.

Висмут-сульфотеллурид-кварцевые месторождения распространены на малых глубинах (1–3 км), тогда как висмут-арсенид-сульфоарсенидные и висмут-сидерит-полисульфидные месторождения формируются в более глубоких обстановках (4–5 км). Геохимия стабильных изотопов (О, С и S), изотопов свинца, а также синхронность магматизма и рудообразования свидетельствуют о преобладающем вкладе магматических флюидов в Au-Bi гидротермальные системы (ИГЕМ РАН во взаимодействии с СВКНИИ ДВО РАН, академик РАН Н.С.Бортников, Л.Я.Аранович, А.Н.Перцев).

Публикация:

Vikent'eva O.V., Prokofiev V.Y., Gamyagin G.N., Goryachev N.A., Bortnikov N.S. Intrusion-related gold-bismuth deposits of North-East Russia: PTX parameters and sources of hydrothermal fluids // *Ore Geology Reviews*. 2018. V. 102. P. 240–259. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2018.09.004.

9. На основе анализа спутниковых радиолокационных данных исследованы пространственно-временные характеристики океанских вихрей в районе круговорота моря Бофорта (восточная часть Чукотского моря и море Бофорта) за летне-осенний период 2007 и 2011 гг.

Определены ключевые районы наблюдения вихревых структур, их горизонтальные размеры, знак вращения и глубина места, над которым они наблюдались. Анализ спутниковых измерений показал, что около 60% общего количества вихрей (около 3000 вихрей) являются циклоническими (рис. 116). Примерно половина всех вихрей наблюдалась в районах с глубинами менее 300 м. Диапазон наблюдаемых диаметров вихрей составил от 1 до 50 км, но около 80% всех вихрей имели диаметры менее 10 км. Поскольку радиус деформации Россби для района исследований составляет 10 – 15 км, основная часть наблюдаемых вихрей относится к субмезомасштабу (Морской гидрофизический институт РАН, Козлов И.Е.).

Публикации:

Mensa J.A., Timmermans M.L., Kozlov I.E., Williams W.J., Ozgokmen T.M. Surface Drifter Observations From the Arctic Ocean's Beaufort Sea: Evidence for Submesoscale Dynamics. // *Journal of geophysical research. Oceans*. – 2018. – V.123(4). – P. 2635-2645. DOI: 10.1002/2017JC013728 oceanography – Q1.

10. Впервые выполненное обобщение данных радиоуглеродных датировок из 25 кернов с результатами микропалеонтологического анализа позволило уточнить возраст и мощность донных отложений Азовского моря

Установлено, что практически на всей акватории моря верхние 3 м донных отложений сложены осадками новоазовского времени (возраст от 3,1 тыс. лет назад – до настоящего времени). В единичных случаях, в глубоководной части моря, в кернах мощностью до 3 м обнаружены древнеазовские (6,5–3,1 тыс. лет назад) отложения. В Таганрогском заливе, наоборот, новоазовские слои имеют небольшую мощность (около 20–45 см) и, донные отложения, в основном, сложены древнеазовскими и более древними осадками.

Сочетание методов биостратиграфии с результатами радиоуглеродного анализа дают наиболее точные представления о возрасте отложений, корректируя погрешности каждого из методов. Анализ изучения изменений видового состава диатомовых водорослей в голоценовых отложениях Азовского моря на протяжении последних 6 тыс. лет позволил выделить 8 биостратиграфических зон [Ковалева и др., 2015], для которых определены временные границы. Сопоставление изменений диатомовых водорослей позволяет проводить

корреляцию разновозрастных слоев донных отложений и выявлять результаты, содержащие инверсию (ошибочное определение возраста отложений) по результатам радиоуглеродного анализа (рис. 117) (ЮНЦ РАН, академик РАН Г.Г. Матишов, Г.В. Ковалева, К.В. Дюжова, В.В. Польшин).

Публикация:

Матишов Г.Г., Дюжова К.В., Новенко Е.Ю. Изменение ландшафтно-климатических условий Приазовья в среднем и позднем голоцене // Известия РАН. Серия географическая. 2018. № 3. С. 67–78. DOI:10.7868/S2587556618030081. Scopus, Q3.

11. Новый электромагнитный зонд для высокоразрешающего каротажа скважин

В ИНГТ СО РАН совместно с индустриальным партнером НПП ГА «Луч» в соответствии с заказным целевым инновационным проектом полного цикла ПАО «НК «Роснефть» предложена и теоретически обоснована, спроектирована и разработана успешно прошедшая опытно-промышленные испытания и не имеющая аналогов многозондовая мультимастотная трёхрежимная электромагнитная каротажная система высокого разрешения (ЗЭТ) (рис. 118), защищенная шестью патентами и предназначенная для достоверного выявления зон макроанизотропии электропроводности пород и связанных с ними интервалов различной степени нефтенасыщения в сложнопостроенных тонкослоистых терригенных и трещиноватых карбонатных коллекторах (ИНГТ СО РАН, академик РАН М.И. Эпов, В.Н. Еремин, В.Н. Глинских, И.В. Михайлов, М.Н. Никитенко, А.Н. Петров, И.В. Суродина, К.В. Сухорукова.).

Публикация:

М.И. Эпов и др. Новый электромагнитный зонд для высокоразрешающего каротажа: от теоретического обоснования до скважинных испытаний / М.И. Эпов, В.Н. Глинских, В.Н. Еремин, И.В. Михайлов, М.Н. Никитенко, С.В. Осипов, А.Н. Петров, И.В. Суродина, В.М. Яценко // Нефтяное хозяйство. – 2018. – №11 (1141). – С. 23–27.

12. Разработана синтезированная математическая модель расчета микроклиматических параметров воздуха в горных выработках глубоких рудников, включающая сетевую модель тепло- и массопереноса, модель нестационарного сопряженного теплообмена в системе «воздух – крепь – горные породы» с учетом сжимаемости воздушной среды, влагообмена в рудничной атмосфере и феноменологические модели техногенных источников тепловыделения (рис. 119).

Разработанная модель позволяет прогнозировать микроклиматические параметры воздуха глубоких шахт и рудников, характеризующихся сложными и разветвленными сетями горных выработок, высокой температурой вмещающих пород и применением мощных горных машин, что служит фундаментальной основой разработки инновационных систем кондиционирования воздуха. (Горный институт УрО РАН)

13. Разработана новая методика восстановления поверхностных морских течений на основе спутниковых данных с использованием алгоритмов оптического потока

Методика позволяет получать информацию о важнейшей характеристике океана – скорости и направлении поверхностных течений, с высокой точностью и высоким пространственным разрешением, недоступными для ранее известных методов. Используя эту методику, получены принципиально новые представления о динамике распространения материкового стока, взвешенных и растворенных веществ, поступающих в море из малых рек (рис. 120а). В частности, впервые описан механизм формирования и распространения внутренних волн в результате впадения в море горных рек (рис. 120б).

Полученные результаты существенно развивают и уточняют существующие представления о влиянии речного стока в море на гидрологическую структуру и физические, биологические и геохимические процессы в прибрежной зоне. Полученные результаты имеют фундаментальное значение для создания практических методик мониторинга и прогнозирования состояния экологической обстановки в прибрежных зонах моря, предотвращения и ликвидации ее загрязнения, в том числе в прибрежных зонах морей России (ИО РАН, А.А. Осадчиев).

Публикации:

Osadchiev A.A. Small mountainous rivers generate high-frequency internal waves in coastal ocean. Scientific Reports. 2018. Vol. 8. 16609. doi:10.1038/s41598-018-35070-7.

Osadchiev A.A., Sedakov R.O. Spreading dynamics of small river plumes off the northeastern coast of the Black Sea observed by Landsat 8 and Sentinel-2. Remote Sensing of Environment. 2019. Vol. 221. P. 522-533. doi:10.1016/j.rse.2018.11.043.

14. Скачки положительного и отрицательного лидеров длинной искры

С помощью уникального высоковольтного оборудования (генератор импульсных напряжений мультимегавольтного уровня) и скоростной камеры с высоким пространственным разрешением и наносекундной экспозицией **впервые получены детальные изображения стримерных вспышек скачков положительного и отрицательного лидеров длинной искры** (рис. 121). Обнаружено сходство формы и структуры стримерных вспышек лидеров обеих полярностей (в противоположность существовавшему доныне представлению об их различии) и схожесть формы канала скачка положительного лидера с каналами длинных стримеров. Выдвинута гипотеза о формировании скачка положительного лидера в канале стримера, в отличие от скачка отрицательного лидера, формируемого в процессе роста пространственного лидера длинной искры и молнии.

(ИПФ РАН, ВВЦ ВНИИТФ, Н.А. Богатов, А.Ю. Костинский, Е.А. Мареев, В.А. Раков, В.С. Сысоев, М.Г. Андреев, М.У. Булатов, Д.И. Сухаревский).

Публикации:

A.Yu. Kostinskiy, V. S. Syssoev, N. A. Bogatov, E. A. Mareev, M. G. Andreev, M. U. Bulatov, D. I. Sukharevsky, and V. A. Rakov, Abrupt Elongation (Stepping)

of Negative and Positive Leaders Culminating in an Intense Corona Streamer Burst: Observations in Long Sparks and Implications for Lightning // Journal of Geophysical Research: Atmospheres, Volume123, Issue10, 27 May 2018, Pages 5360-5375.

V.A. Rakov, E.A. Mareev, M.D. Tran, Y. Zhu, N.A. Bogatov, A.Yu. Kostinskiy, V.S. Syssoev, W. Lyu. High-Speed Optical Imaging of Lightning and Sparks: Some Recent Results // IEEJ Transactions on Power and Energy, 2018, vol. 138, Issue 5, Pages 321-326, DOI: 10.1541/ieejpes.138.321.

15. Флуориметр с многоканальной системой возбуждения на светодиодах

Создан флуориметр с многоканальной системой возбуждения на светодиодах, предназначенный для оперативного проведения полного биотестирования состояния естественных акваторий.

Область применения устройства – научные исследования, оперативные экологические исследования, оценка биопродуктивности вод, подспутниковые измерения гидрооптических характеристик морской воды (Лаборатория спутниковой океанологии и лазерного зондирования ТОИ ДВО РАН, Салюк П.А.).

16. Лазерно-интерференционный донный сейсмограф

Создан лазерно-интерференционный донный сейсмограф – геофизический прибор для измерения микродеформаций земной коры на дне морей и океанов и изучения пространственно-временной структуры геофизических полей инфразвукового и звукового диапазонов. За счет предложенной компактной жесткой конструкции сейсмографа достигается устойчивая к эксплуатационным нагрузкам интерференционная картина, а чувствительность прибора оказывается независимой от размеров сейсмографа (длины измерительного плеча). В то же время при такой конструкции и вертикальной установке прибора, он имеет максимальную чувствительность к вертикальной составляющей микродеформаций земной коры в инфразвуковом диапазоне частот. Поскольку измерительным элементом является только мембрана, сейсмограф в месте его постановки измеряет не относительные, а абсолютные смещения участков дна с учетом передаточных характеристик системы «породы дна – наполнение защитной камеры – мембрана» (Лаборатория физики геосфер ТОИ ДВО РАН, академик РАН Долгих Г.И.).

17. Обоснован высокий уровень природных опасностей в Арктике и Мировом океане в условиях меняющегося климата, обусловленных наличием криогидро- и криолитосфер с широким распространением газогидратов. На основе данных более 622,5 тысяч станций зондирования на акваториях Циркумарктического региона выявлены зоны с благоприятными термобарическими условиями для образования и сохранения газогидратов, построены картографические схемы прогноза зон распространения газогидратов и распределения температур воды вблизи океанического дна. При анализе около 20 тыс. км сейсмических материалов МОГТ (Россия и США) на ряде акваторий выявлены и

закартированы природные опасные объекты: неоднородности в строении придонных отложений, связанные с их газонасыщенностью; отражающие горизонты BSR от подошвы потенциально газогидратонасыщенных отложений, в том числе впервые на континентальном склоне моря Лаптевых и во впадине ТИН-РО в Охотском море (рис. 122).

Результаты доложены на 13 международных конференциях, включая “VI Arctic Circle Assembly” (Iceland) и “Дегазация Земли: геология и экология – 2018” и опубликованы в двух высокорейтинговых журналах Scopus Q1: Geosciences MDPI и ELSEVIER Cold Regions Science and Technology, (ИПНГ РАН, В.И.Богоявленский).

Публикации:

1. Bogoyavlensky V., Kishankov A., Yanchevskaya A., Bogoyavlensky I. Forecast of Gas Hydrates Distribution Zones in the Arctic Ocean and Adjacent Offshore Areas. // Geosciences, 2018, 8, 453. -17 p. (Scopus Q1)

2. Yakushev V., Semenov A., Bogoyavlensky V., Medvedev V., Bogoyavlensky I. Experimental modeling of methane release from intrapermafrost relic gas hydrates when sediment temperature change. // Cold Regions Science and Technology, 2018, 149, pp. 46–50. (Scopus Q1, WoS Q2)

3. Bogoyavlensky V., Kerimov V., Bogoyavlensky I., Shayhullina A. The Main Guidelines of the Efficiency and Safety Increasing of Hydrocarbon Deposits Exploration and Development on the Arctic and Other Russian Offshore, 8th Saint Petersburg International Conference & Exhibition, EAGE, Saint Petersburg, 2018, – 5 p. SID: 44704. (Scopus)

4. Богоявленский В.И., Янчевская А.С., Богоявленский И.В., Кишанков А.В. Газовые гидраты на акваториях Циркумарктического региона // Арктика: экология и экономика. – 2018. – №3 (31), с. 42–55. (Ядро РИНЦ).

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Состояние общественных наук

Одной из наиболее выраженных тенденций современных общественных наук как комплекса научных дисциплин (философия, социология, политология, психология, экономика и право) является формирование новой гуманитарной парадигмы, интегрирующей знания и опыт, научное понимание индивидуального и коллективного социального поведения, социальных действий людей и создаваемой ими социальной реальности.

Философия

В 2018 году начато исполнение двух мегапроектов: «Российский проект цивилизационного развития» и «Электронная философская энциклопедия». Они призваны объединить усилия философского сообщества России, сконцентрировав их на прорывных направлениях современного философского

знания ради достижения целей, имеющих непосредственное социально-политическое значение.

В области эпистемологии и философии науки

Исследована проблема методологической специфики естественнонаучного и социально-гуманитарного знания, которая приобретает особую актуальность в рамках (пост)неклассической рациональности. Проанализированы ключевые проблемы, вокруг которых разворачиваются основные дискуссии в этой области: методологическая специфика социальных наук, направленных на постижение смысловых характеристик изучаемого социокультурного объекта в связи с переходом к изучению уникальных саморазвивающихся систем в постнеклассическом естествознании; когнитивные пределы методологической конвергенции естественнонаучного и социально-гуманитарного знания; этические ограничения работы с человекообразными системами. В результате исследования конструктивизма как жизненной установки и эпистемологической позиции показана невозможность последовательного проведения конструктивистской программы в понимании познания вообще и научного познания в частности, особенно в науках о человеке, в связи с чем продолжена разработка идеи конструктивного реализма.

В области социальной и политической философии

Используя ранее обоснованную гипотезу о гуманистическом потенциале социального государства и опираясь на методологию антропосоциетального подхода и смежного семейства методов социокультурной антропологии, социологии, политической философии, а также синергийного подхода и онтопроектирования, впервые предложена типология основных состояний социального государства по критерию качественного повышения сложности его функций (от первоначальных, социально-экономических к более сложным, социогуманитарным), которое прослеживается в процессе эволюции цивилизаций и обществ от индустриальной эпохи к информационной (постиндустриальной). Обосновано выделение двух основных состояний социального государства: социально защищающего и гуманистически развивающего.

В области философской антропологии и наук о человеке

В рамках исследования философских оснований и методологии гуманитарной экспертизы разработана не имеющая аналогов система гуманитарного сопровождения инновационной деятельности – выявление многообразия таких последствий, предвидение и прогнозирование факторов риска, порождаемых внедрением научно-технических и социальных инноваций.

В области этики, эстетики, философии религии

Проанализированы изменения в характере взаимодействия морали и права в условиях становления правового государства. Показано, что они развиваются в направлении автономных нормативных систем, которые находятся в асимметричных отношениях. Основная линия разграничения между ними определяется тем, что мораль выражает внутренний (исходный, субъектный), а право – внешний (объективированный) аспекты деятельности индивидов, их ответственного существования в обществе.

В области историко-философских исследований

Выявлены закономерности историко-философского процесса как важнейшего измерения интеллектуального прогресса человечества. Изучены историко-философские проблемы Античности и Средних веков, основанные на филологическом анализе оригинальных текстов. Развернута панорама развития русской философской мысли в культурно-историческом контексте от XI до XX вв. Выявлены новые тенденции в современной западной философии. Исследованы логические основания языковых картин мира, соотношения языка и мышления в арабской, индийской, европейской и китайской культурах. Заложены основы подхода к осмыслению роли национальных философских традиций в разработке концепции межкультурной философии. Завершено исследование, продемонстрировавшее аподиктический характер доказательства в процессуальной логике. Разработана гипотеза об эпистемной природе различия греческого силлогизма и фикхового кийаса.

Проведена систематизация современного философского знания, нашедшая отражение в серии энциклопедических трудов: изданы фундаментальная «Новая философская энциклопедия» в 4-х томах, впервые в мире выпущены «Энциклопедия индийской философии», «Философия буддизма», уникальный, первый в России «Словарь античной философии», подготовленный совместно с немецкими специалистами энциклопедический словарь «Современная западная философия», изданы «Этика: Энциклопедический словарь», «Энциклопедия эпистемологии и философии науки». Этот научный задел позволил российским ученым развернуть масштабный проект по созданию Электронной философской энциклопедии. Сохраняя важную функцию обобщения опыта прошлого, она станет одновременно ориентиром в мире современных интеллектуальных дискуссий, новейших достижений отечественной и мировой философии. Речь идет об исследовательском проекте, призванном стать путеводителем в мире современного стремительно меняющегося философско-гуманитарного знания. Мировая гуманитарная наука уже с конца 90-х годов переходит на электронные энциклопедии, такие философские систематизации, как Стэнфордская, Рутледж (Routledge), Блумсберская энциклопедия философов, энциклопедия Пирса и т.д. уже обошли по рейтингу цитирования многие научные журналы и периодические издания. В России же на данный момент не существует ни одной философской энциклопедии такого рода. ЭФЭ позволит преодолеть это досадное отставание.

Мировое значение имеет осуществленный совместно с Марбургским университетом издательский проект – собрание сочинений И.Канта с параллельным текстом на немецком и русском языках.

Завершен фундаментальный исследовательско-издательский проект – 21 том «Философии России второй половины XX в.» (книги серии получили гран-при Конкурса Ассоциации книгоиздателей России). Его продолжением стал новый проект «Философия России первой половины XX века» в 40 томах. Задача данного издания – представить в рамках серии сложившиеся сегодня исследовательские направления, продолжающие и актуализирующие tradi-

ции русской интеллектуальной культуры, и способствовать, тем самым, формированию целостного культурно-исторического образа русской философии как полифонического феномена в многообразии современных философских проблем и исследовательских контекстов.

Социология

В российской социологии реализуются крупные проекты, направленные на изучение российского общества в процессе трансформации. Одним из ключевых направлений исследовательской деятельности российских социологов стало состояние и динамика социальной сферы российского общества. Речь идет о качестве социальных отношений, включая отношения в системе управления, отношения между социальными группами, межэтнические и межрелигиозные отношения. В частности, исследования социальной сферы определили ключевые тенденции эволюции общественного сознания – нарастание индивидуализма и самостоятельности в постановке жизненных целей, становление новых идентичностей, смещение в структуре идентичностей в сторону региональных и локальных общностей. Важным фактором эволюции общественного сознания стало включение российских граждан в глобальную систему электронных коммуникаций, глокализация, заключающаяся в принятии глобализации как естественного процесса, ускоряемого технологическим прогрессом, и, одновременно, акцентуация в противоположность глобальному локальных, исторических обоснованных ценностных ориентаций.

В ряду важнейших тем социологических исследований остаётся проблема структурных изменений российского общества, становление новых социальных групп таких, как прекариат, углубление неравенства, утверждение в культуре стандартных практик бедности и демонстративного поведения, свойственного наиболее благополучным слоям общества. Особое внимание уделяется реальным и возможным последствиям неравенства, его влиянию на групповое сознание и мотивационный комплекс, обуславливающий гражданское поведение. В центре внимания российских исследований социальной структуры находится российский средний класс, определяемый как самостоятельная социальная группа, сумевшая капитализировать преимущества, предоставляемые существующей рыночной системой.

Актуальной для российской социологии является тема модернизации методологического и методического арсенала проводимых исследований. Российская социология последовательно осваивает новые комбинированные методы сбора данных, все чаще использует возможности сети Интернет и электронных носителей, совершенствует стратегию анализа и обработки полученной информации.

Проведен анализ результатов многолетних общенациональных социологических исследований, характеризующих отношение россиян в целом и их различных социальных групп к итогам двадцатипятилетних постсоветских трансформаций. При этом выделяются приобретения и потери населения страны за годы реформ, рассматривается объективное и субъективное благополу-

чие и неблагополучие российских граждан, динамика их идейно-политических предпочтений. Специальное внимание уделяется социокультурным изменениям, произошедшим за годы реформ, формированию российской идентичности и роли в обществе религии и религиозных организаций. Приводится анализ повседневной жизни россиян, проживающих в мегаполисах и провинции, жизненного мира сельских жителей. Рассматривается влияние исторического прошлого страны на массовые оценки российских трансформаций.

Проведен сопоставительный анализ образа жизни россиян, проживающих в двух крупнейших российских мегаполисах и в других регионах страны. Показаны особенности уровня и качества жизни их жителей, специфика их занятости и поведения в интернет-пространстве, место в их жизни семьи и детей, динамика различных моделей досугового поведения, а также изменение традиционных гендерных ролей в разных типах поселений и особенности миграционного поведения их жителей. Особый интерес представляют данные о динамике восприятия своей жизни жителями столиц и разных типов населенных пунктов, о векторе изменения их мировоззрения и ценностных ориентаций, а также об оценках ими ситуации в стране в целом и в регионах проживания.

Социальная реальность и современный мирохозяйственный уклад предопределили необходимость развития демографической науки как фундаментальной основы существования общества и развития экономических систем.

Основное внимание уделяется выявлению закономерностей и тенденций воспроизводства населения, рождаемости, смертности, миграционных процессов, а также разработке демографической политики, направленной на повышение качества жизни населения, формирование трудовых ресурсов, нивелирование угроз национальной безопасности.

Право

В области теории права и мировых тенденций развития государственно-правовых институтов и гражданского общества ключевыми являлись вопросы развития и совершенствования права в связи с реализуемыми политическими и социально-экономическими преобразованиями в стране.

Значительное место в исследованиях занимают актуальные проблемы формирования новой Концепции уголовно-правовой политики в России; теории и практики российского конституционализма; развития современной философии, социологии и психологии права; трансформации прав человека в современном мире, их защиты в международном и национальном праве, развития доктрины права в условиях нарастания глобализационных и миграционных процессов; правовые аспекты обеспечения информационной безопасности в контексте современных угроз и вызовов в информационном пространстве; перспективы предпринимательского права в современных экономических условиях, государственного регулирования и саморегулирования предпринимательства; обеспечения социально-трудовых прав граждан в условиях изменения сферы труда, и другие.

Одновременно предметом изучения оставались глубинные процессы изменения самого содержания права, его структуры, происходящие отчасти в русле тенденций интеграции в мировое экономическое пространство и имплементации в национальную правовую доктрину отдельных норм зарубежного права; совершенствования законодательства и формирования его новых комплексных отраслей (комплексное правовое воздействие позволяет более эффективно и целенаправленно решать экономические и социальные вопросы) и осознания новой роли правовых явлений в жизни человека и общества в целом.

Исследованы новые интерпретации понятий публичной власти и государственного суверенитета в условиях глобализации. Проанализированы правовые доктрины (конституционная идентичность, европейский консенсус), способствующие правовой гармонизации на национальном и наднациональном уровнях. Выделены конституционно-правовые институты, претерпевшие наиболее серьезные изменения в условиях интеграционных процессов (конституционный контроль и местное самоуправление).

В международно-правовой науке остро дебатировались вопросы соотношения права народов на самоопределение и суверенитета государства, нерушимости государственных границ, правового статуса ключевых международных организаций и их способности использовать эффективные правовые инструменты для решения конфликтов дипломатическим путем.

Использование санкционных механизмов в межгосударственных отношениях сделали актуальными исследования на стыке международного права, политики, экономики и финансов.

Получили развитие правовые исследования в информационно-коммуникационной сфере, особенно связанные с правовым регулированием цифровой экономики в целом. Исследованы новые вызовы и угрозы безопасности в финансово-кредитной сфере.

Проанализированы проблемы противодействия киберпреступности в условиях глобализации. Определены основы правового регулирования этой деятельности, а также высказаны предложения по совершенствованию инструментов правового воздействия в целях предупреждения и пресечения криминальной активности в информационной сфере. Рассмотрен международный опыт по защите информационного пространства от кибератак.

В соответствии с приоритетными направлениями Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации исследовались вопросы обеспечения продовольственной и экологической безопасности Российской Федерации как составных частей национальной безопасности страны.

В современной России сформировалась самостоятельная комплексная отрасль экологического права, основанная на положениях научной доктрины. Приняты законы об охране окружающей среды, природных ресурсов и природных объектов, об обращении с отходами и опасными веществами и др., расширяется сфера международно-правового регулирования: увеличивается количество конвенций, многосторонних и двусторонних соглашений, программ и аналогичных документов. Доктрина экологического права исходит

из того, что экологический правопорядок является проявлением и одним из результатов конституционной законности. Однако исследования показывают, что формирование экологического правопорядка по ряду причин не всегда способствует экологическому благополучию страны как его объективному показателю.

Проблемы правового регулирования взаимодействия человека и природы исследовались в аспекте баланса частных, общественных и государственных интересов, эффективного управления ресурсами, в том числе рационального использования и охраны земель, развития высокопродуктивного сельского хозяйства в условиях импортозамещения, использования мер государственной поддержки и др.

В ходе исследований трансформации прав человека в современном мире проанализированы модификации принципов и международных норм в области прав человека, влияние социокультурного контекста на развитие теоретических подходов к интерпретации прав человека и практики их реализации в современном мире. Особое внимание уделено вопросам совершенствования организации профессиональной юридической помощи.

Политология

В области политической философии и теории политики наблюдается повышенное внимание научной общественности к изучению кризисных явлений в современных либерально-демократических обществах, распространение критического подхода к анализу неолиберальных ценностей, доктрины глобализации, установок потребительского и постфордистского общества. Это, в свою очередь, приводит к разработкам альтернативных концепций гражданственности, рентно-сословного политического порядка, новых теоретических моделей посткапиталистического и постлиберального развития общества, а также – к методологическому обновлению теоретических версий марксизма.

Происходит активизация исследовательского внимания к структурным компонентам концептосферы той или иной области научного знания, интенсивное внедрение в разнообразные отрасли знания концептов «мягкой силы», «умной власти», «мобильности», медиатизации политики, цифрового правительства.

В области политической коммуникативистики

Существуют отдельные направления изучения политических коммуникаций, которые получили существенное развитие. Обширные исследования ведутся в сфере лоббизма и связей с правительственными структурами. С теоретической точки зрения, виден переход от описания коммуникаций между властью и группами интересов как лоббизма в сторону описания данных отношений в терминах связей с правительственными структурами (GR).

Что касается такого направления коммуникативистики как изучение пропаганды, оно получило не столь серьезное развитие. Этому способствует негативный контекст, который был сформирован вокруг данного термина в советские годы.

Психология

В области социальной психологии

Проанализированы тенденции развития психологических исследований с использованием BigData: вторичный анализ данных; краудсорсинговые проекты и сопоставление «цифровых следов» пользователей социальных сетей с их ответами на стандартизированные методики; исследования психологических феноменов с использованием «цифровых следов» и алгоритмов машинного обучения без проведения опросов; естественные эксперименты и сбор данных с помощью носимых электронных устройств. Обоснована возможность использования BigData в исследованиях динамики социально-психологических феноменов на личностном, межличностном, групповом и макропсихологическом уровнях.

Предложены концептуальные основания методологии социально-психологического прогнозирования влияния новых технологий на отношения между людьми, групповую динамику и макропсихологические характеристики общества.

Исследованы проблемы профессионального менталитета в условиях цифровой экономики, разработана концептуальная модель ментально-личностных компонентов профессиональной деятельности; проведено исследование жизнеспособности как сущностного элемента профессионального менталитета; изучена роль профессионального менталитета в обеспечении функциональной надежности и психологической безопасности субъекта, продемонстрирована решающая роль культуры безопасности в формировании менталитета безопасности.

Реализован проект, направленный на выявление закономерностей системогенеза и актуализации ранее сформированного опыта в индивидуальном и коллективном поведении на разных уровнях организации систем и с учетом разных условий формирования, таких как норма/патология, кооперация и стресс.

Предложено новое понимание термина «Способности» как функционального свойства структур ментального опыта (являющихся психическим носителем свойств субъекта), мера соответствия которых объективной реальности определяет продуктивность жизнедеятельности человека.

Обоснована перспективность нейрохимической валидации модально-специфической модели темперамента как основы индивидуально-психологических различий способностей и ментальных ресурсов человека. Показано, что возраст и более высокий уровень умственного развития усиливают дифференциацию темпераментального и интеллектуального уровней регуляции поведения.

Выявлено, что продуктивная составляющая уровня психометрического интеллекта и показателей психометрической креативности предполагает взаимодействие (интеграцию) трех форм индивидуального ментального опыта: когнитивного, понятийного и метакогнитивного. Разработаны метод микросемантического анализа процесса мышления личности, позволяющий прослежи-

вать все его продуктивные/непродуктивные ходы, мотивации и т.д. (особенно эффективный для анализа мышления в диаде) и методика конструктивного диалога в психотерапии. Разработана науковедческая структура психологического исследования личности.

Получены новые данные, касающиеся многообразия дискурсивной практики и новых видов дискурса, получающих распространение в интернете, в городской среде мегаполиса, в кризисных ситуациях, в условиях совместной интеллектуальной деятельности и др. Осуществлена концептуализация дискурсивных способностей как структурного компонента системы взаимодействий психических функций, способностей, личностных качеств, была выявлена 3-х факторная структура дискурсивных способностей.

Большой потенциал имеют научно-практические разработки, касающиеся переговоров в кризисной ситуации. В рамках исследования психологических механизмов самодетерминации и саморазвития личности разработана модель психологического механизма саморазвития личности.

Показана особая роль духовно-нравственного фактора, в том числе религиозного сознания/менталитета, как в усилении возможностей психоманипуляций (за счет коррозии традиционной духовно-нравственной сферы человеческого бытия), так и в противодействии различным видам психоманипуляции. Показано, что проблема глобальной психоманипуляции имеет в современной психологии статус макропсихологического направления.

Специальное внимание уделялось анализу социокультурных и индивидуально-психологических детерминант, опосредующих особенности когнитивно-коммуникативных процессов. Осуществлено развитие модели принятия решения и уверенности в нем на восприятие многопризнаковых перцептивных объектов; показано наличие нелинейных связей физических и семантических характеристик эталона в процессе его хранения в долговременной памяти.

Предложен проект «архив акустической среды» и показана возможность применения парадигмы воспринимаемого качества событий окружающей среды для решения задач «психологической реконструкции» звуковой среды естественного окружения человека.

Получены данные на материале исследования, проведенного в ряде сообществ, проживающих в Южной Америке, Африке и Евразии, которые подтвердили положение эволюционной теории о том, что эмоция стыда представляет собой одну из базовых составляющих человеческой психики и является выражением нейрокогнитивной системы, развивавшейся для защиты от социального порицания.

Разработаны новые оценки образовательных достижений регионов Российской Федерации, которые являются более валидными показателями интеллекта населения регионов Российской Федерации, чем использовавшиеся ранее. Образовательные достижения регионов Российской Федерации характеризуются пространственной автокорреляцией.

Экономика

В области макроэкономического анализа

На макроэкономическом уровне можно выделить два направления исследований в области анализа и прогнозирования экономики.

1. Исследование динамики макроэкономических переменных (ВВП, инвестиций, занятости, безработицы, инфляции и т.д.) с применением различных типов макроэкономических моделей. С использованием макроэкономических моделей исследуются преимущественно долгосрочные перспективы экономического роста. Поэтому ключевыми параметрами, рассматриваемыми в рамках данных моделей, являются динамика основного и человеческого капитала, инвестиций в основной и человеческий капитал, влияние природных ресурсов на экономический рост, внедрение новых технологий в производство, долгосрочные последствия применения различных инструментов экономической политики. Из достижений последних десятилетий в области макроэкономического анализа и моделирования можно выделить переход от моделей с экзогенным технологическим прогрессом, когда его влияние задается с использованием заранее вводимых в модель параметров, к так называемым моделям с эндогенным технологическим прогрессом (модели эндогенного экономического роста), в которых предпринимается попытка описать факторы, влияющие на развитие технологий и их внедрение в производство (учет численности занятых в сфере НИОКР, обучение экономических агентов через практику, максимизация экономическими агентами своей прибыли через внедрение новых технологий и т.д.). В последние десятилетия распространение получили также макроэкономические модели, в которых имитируется поведение экономических агентов и его влияние на динамику макроэкономических переменных. В частности, широкое применение в теории и практике прогнозирования получили DSGE модели (динамические стохастические модели общего экономического равновесия), в которых имитируется поведение экономических агентов.

2. Анализ и прогнозирование экономики с использованием динамических моделей, основанных на межотраслевом балансе – ДММ (динамических межотраслевых моделей).

По-прежнему широко используются в практике анализа и прогнозирования динамические межотраслевые модели (ДММ), основанные на применении данных таблиц «Затраты-Выпуск». Разработаны различные модификации точечных (без дифференциации экономики на регионы) и межрегиональных ДММ. ДММ модифицированы в различных направлениях: включены экологический блок, финансовый и бюджетный блоки, блок воспроизводства человеческого капитала и т.д.

Одним из наиболее важных направлений является разработка новых типов моделей большой размерности, особенно разработка и использование агентных, оптимизационных и эконометрических моделей для исследования социально-экономических процессов и инвестиционных программ, в том числе глобальной агент-ориентированной модели для прогнозирования социально-э-

кономического развития России на различных временных горизонтах, а также комплекса детализированных до уровня отдельных индивидуумов агент-ориентированных моделей, имитирующих социально-экономическую систему Евразийского континента, включая создание системы алгоритмов, имитирующих основные элементы поведения агентов.

Нерешенными остаются проблемы предсказания экономических кризисов, достаточно точной оценки последствий применения инструментов экономической политики, особенно в среднесрочном и долгосрочном аспектах.

В области пространственной экономики

Пространственная экономика – относительно недавно оформленное научное направление, которое признаётся в настоящее время одним из ключевых. Пространственная экономика интегрирует области исследований, затрагивающие различные аспекты пространственных измерений экономической и социальной активности: регионы и региональные системы, формы хозяйства и расселения; сети и инфраструктура, поддерживающие пространственные связи; городская экономика и урбанистика, проблемы пространственного неравенства и мобильности. Пространственная экономика опирается на аппарат и методологию экономической теории, экономической географии, математической экономики, институциональной экономики, социологии и демографии. Интегрированный подход позволил получить качественно новые результаты, включающие пространственные модели общего равновесия, региональные модели эндогенного роста, теорию агломерационной экономики, теорию региональных кластеров, модели развития города и городских систем, GIS-анализ, пространственную эконометрику, пространственный институционализм и др.

В мире и в России растет внимание к пространственным исследованиям на Севере и в Арктике. Усиление интереса к арктическим ресурсам предъявляет новые требования к научному сопровождению процесса принятия управленческих решений.

В сфере социально-экономических исследований мирового Севера и Арктики существует несколько динамично развивающихся направлений, характерных и для российской региональной экономики, основными из которых являются следующие:

- исследования мегатрендов развития мировой Арктики;
- изучение социально-эколого-экономических проблем освоения северных и арктических природных ресурсов;
- исследование влияния изменения климата на социально-экономические процессы, в том числе на образ жизни коренного населения;
- исследования социально-экономических проблем развития транспортных систем, в особенности Северного морского пути;
- изучение проблем устойчивого развития арктических регионов и городов, в том числе моногородов и прибрежных поселений;
- поиск подходов к оценке уровня социальной, экономической и экологической устойчивости регионов и городов Севера и Арктики;

– исследования, направленные на поиск эффективных институтов социально-экономического развития Севера и Арктики.

Эти и другие направления активно объединяются в рамках формирующейся науки «арктиковедение» (Arctic studies). Современный этап развития арктиковедения характеризуется усилением междисциплинарности с акцентом на поиск механизмов обеспечения сбалансированности экономических, экологических, ресурсных, социальных аспектов развития Арктики.

С точки зрения региональной экономики, как науки, изучение *проблем муниципального развития и формирования институтов местного самоуправления* является новым предметом и научным направлением.

Также стратегическим направлением фундаментальных исследований представляется пространственное развитие агломераций в контексте перехода на модель полицентрического развития.

В области моделирования взаимодействия региональных и отраслевых систем

Основой оптимизационной межрегиональной межотраслевой модели ОМММ являются межрегиональные межотраслевые матрицы по всем выделяемым регионам. В модели присутствуют не только производственные матрицы коэффициентов затрат, но также и матрицы межрегионального транспорта продукции.

Введение в модель транспортных матриц делает возможным и желательным ее оптимизационную постановку.

Инвестиционный блок модели связан с представлением в ней динамики производства.

В настоящее время идентифицируются два модельных комплекса, основанных на использовании моделей межотраслевого межрайонного анализа, достаточно тесно связанных между собой, но предназначенных для моделирования и анализа экономических проблем разной направленности.

Один из них получил название СИРЕНА (Синтез Региональных и Народнохозяйственных систем) и широко используется в анализе территориальных пропорций. Он основан на моделях типа ОММММ. Такие модели разрабатываются для различных временных периодов, территориальных сеток и секторальных структур и фокусируются на анализе межрегиональных и региональных проблем, а также используются для получения прогнозов развития экономики России в территориальном разрезе. Второй модельный комплекс СОНАР (Согласование Отраслевых и Народнохозяйственных решений) оформился на базе обширных разработок в области моделирования отраслевых систем, главным образом базовых промышленных многоотраслевых комплексов, и включает в себя отдельные «отраслевые» ветви.

В области анализа и моделирования социально-демографических процессов

Проводятся комплексные исследования, охватывающие широкий спектр актуальных проблем – от вопросов прогнозирования и моделирования численности и структуры населения России и её регионов в контексте мировых демографических тенденций до проблем формирования человеческого капита-

ла, отвечающего требованиям современной инновационной экономики. Полученные результаты вносят вклад в развитие как демографической науки, так и экономической и социальной теории, развитие методов математического моделирования социально-экономического развития страны.

Одним из важнейших направлений исследований является изучение неоднородности демографических процессов, включая гендерные, региональные и этнические различия.

В условиях глобализации особую важность имеет проведение сравнительных исследований (как межстрановых, так и между регионами внутри страны) состояния демографических процессов.

Проводимый комплекс аналитических работ в сфере демографических исследований расширяет возможности прогнозирования рождаемости, продолжительности жизни, процессов старения и воспроизводства населения. Особую важность имеют математические модели, позволяющие проводить перспективные расчеты (краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные) общей численности населения, возрастно-половой и других структур населения.

В настоящее время успешно развиваются динамические экономико-демографические модели, достаточно полно учитывающие взаимовлияние экономических и демографических процессов. Использование подобных моделей позволяет оценить экономические последствия демографического перехода, в том числе связанные с ним процессы перераспределения экономических ресурсов между группами населения, и, в том числе, дает возможность оценить экономические аспекты процесса старения у населения. В частности, разработаны модели, позволяющие проанализировать различные варианты пенсионных систем.

Исследуются модели культурной трансмиссии. В частности, построена модификация базовой модели воспроизводства человеческого капитала с гетерогенными агентами и эндогенной рождаемостью, в которой институт образования действует в качестве фактора социальной мобильности агентов.

В условиях доминирующей роли цивилизационной составляющей технологий особую актуальность представляет анализ взаимосвязи уровня социально-экономического развития и качества жизни.

В области качества жизни

Фундаментальная категория «качество жизни» выступает в роли связующего звена между социумом, обществом и экономикой, сферой общественного воспроизводства, между потребностями людей и возможностями их удовлетворения в данном временном интервале. В условиях, когда важнейшим приоритетом государственной политики является социальная направленность, комплексные исследования теоретических и методологических проблем качества и уровня жизни населения были и остаются важным вектором проведения фундаментальных научных исследований.

Фундаментальные исследования качества и уровня жизни в условиях цифровой экономики сконцентрированы не только в сфере высоких технологий и

инфокоммуникаций, но и в проблемных областях, которые давно стали предметом заботы всего мирового сообщества. Это:

- повышение уровня культуры и образованности населения и последующий рост общественного благосостояния;

- снижение уровня заболеваемости и смертности населения для улучшения общественного здоровья, роста благополучия россиян;

- преодоление нищеты и бедности за счет вовлечения населения в условия активной занятости и последующий рост доходов, а с ним – повышение уровня и качества жизни;

- улучшение качества институциональной среды и переход к производительному институциональному равновесию.

Каждая из перечисленных проблемных областей априори содержит постановку задачи повышения качества жизни. Здесь, как и во многих других областях, применение инструментов экономики качества дает устойчиво высокие общественно полезные результаты, в том числе возможность разработать комплекс обоснованных институциональных мер по преодолению социального неравенства, бедности, формированию предпосылок для дальнейшего улучшения общественного благосостояния.

В области изучения *эколого-экономического пространства регионов России*

В рамках этих исследований основное внимание уделяется анализу трансформации регионального эколого-экономического пространства, разработке механизмов устойчивого развития с одновременным выбором наиболее доступных технологий, обеспечивающих инновационную модернизацию экономики. Предметом исследования являются эколого-экономические показатели и индикаторы трансформации эколого-экономического пространства, которые проводятся с позиций устойчивого развития по некоторым направлениям, в том числе на уровне отдельных субъектов Российской Федерации.

В рамках фундаментальных исследований были разработаны общетеоретические и методические подходы к исследованию и анализу трансформации регионального эколого-экономического пространства, результатом этой работы стали разработанные принципы, методы и направления региональной политики по развитию потенциала эколого-экономической и эколого-социальной сбалансированности, включая экологизацию инвестиционной деятельности, предпринимательства, социальной сферы, преобразования институциональной среды.

На основе синтеза ресурсной и биосферной концепции общественного развития и теории естественной биотической регуляции окружающей среды разработан понятийный аппарат для описания региона как многоуровневой биосоциоэкономической системы «общество-природа» и обоснована парадигма регионального развития на принципах эколого-экономической и эколого-социальной сбалансированности.

Выполнена количественная оценка дисбаланса между экономическим ростом и природным развитием в субъектах Российской Федерации; разработаны принципы, методы и направления формирования потенциала эколого-эконо-

мической и эколого-социальной сбалансированности, включая экологизацию инвестиционной деятельности, предпринимательства, социальной сферы и преобразование институциональной среды; обосновано понятие эколого-экономического пространства, главным свойством которого является эколого-экономическая сбалансированность. Выделены теоретико-методологические проблемы трансформации данного пространства; обоснованы индикаторы и показатели оценки; обосновано понятие устойчивого производства и потребления как модели, которая создает предпосылки для качественного улучшения состояния природной среды.

В области продовольственной безопасности

С использованием межотраслевых методов анализа выявлены факторы и особенности структурной модернизации агропродовольственного комплекса России, закономерности ее эволюции на разных стадиях экономического развития. Обоснована необходимость смещения приоритетов роста конкурентоспособности агропродовольственного комплекса от импортозамещения к развитию экспортного потенциала, обеспечению структурной сбалансированности, развитию восходящих звеньев производственно-технологических цепочек создания добавленной стоимости. Выполнено теоретико-методологическое обоснование концепции системного управления повышением эффективности функционирования ключевых продуктовых подкомплексов агропродовольственного комплекса как условия обеспечения продовольственной независимости страны. Предложены новые параметры для оценки степени замкнутости таких подкомплексов.

На основе межотраслевого подхода обоснованы тенденции инновационного развития производственного потенциала агропродовольственного комплекса, проведена оценка научно-технологических вызовов обеспечения продовольственной безопасности России, выявлен состав основных социально-экономических и инновационных факторов роста эффективности производственного потенциала агропродовольственного комплекса России.

Разработанный комплекс мер по преодолению продовольственной бедности может быть использован в качестве инструмента для решения двуединой задачи: социальной защиты наиболее уязвимых слоёв населения и государственной поддержки сельских товаропроизводителей, в том числе малого агробизнеса.

В рамках данного направления выполнена оценка закономерностей и тенденций демографического развития села, выявлены и исследованы демографические угрозы, вызовы и ограничения социально-экономического развития сельских территорий в ближайшей и среднесрочной перспективе. Разработана система компетенций, отражающая современные требования к профессиональной деятельности работников агропродовольственного комплекса.

В области исследования инновационных процессов ведутся:

– исследования, преимущественно охватывающие проблемы взаимосвязи между инновациями и экономическим развитием и изучающие роль инноваций и технологий в социальных и технологических изменениях;

- исследования, фокусирующиеся на инновациях и инновационной деятельности предпринимателей, компаний и отраслей;
- исследования сложных инновационных систем.

Уровень исследования инноваций приблизительно соответствует уровню инновационного развития страны.

Среди новых направлений, вошедших в повестку исследований в последние годы, отметим открытые инновации и инновации, инициированные пользователями, экосистемы знаний, инновационные платформы, рост интереса к проблемам государственной инновационной политике. Выраженным восходящим трендом можно считать развитие исследований различных форм и эффектов коллабораций в осуществлении исследований и трансфере инноваций: сети, партнерства, локальные и глобальные взаимодействия между различными акторами.

Заметно и увеличение числа эмпирических исследований, опирающихся на новые базы данных, рост объема и качества анализируемой информации.

В области экономической социологии все большее развитие получает макросоциология

Зарубежные обществоведы (Норт, Уоллис, Вайнгаст, Асимоглу, Робинсон, Пикетти, Блок, Хедлунд) выдвинули новую идею магистрального пути развития человечества. В отличие от старой парадигмы разделение между стагнирующими и развивающимися обществами пролегает не по форме собственности на средства производства (частная – общественная), а по качеству институциональной среды, обеспечивающей равный (или неравный) доступ к общественным благам и экономическим ресурсам.

В связи с формированием иной, чем в XX веке, социальной реальности общественная наука осуществляет переход к новой макросоциологической парадигме, в которой ядро из базовых институтов увязывает в единое целое природно-географические, социально-культурные и технологические факторы развития любого общества, а также определяет институциональный порядок на конкретном историческом этапе эволюции.

Набор концептуальных идей новой парадигмы устраняет противоречие между идеологиями социализма и либерализма через их синтез в новой идеологии XXI века – *солидаризме* (*со* – социализм, *ли* – либерализм), в которой базовые основы социализма (социальная справедливость и равные шансы для всех) и капитализма (конкуренция, частная собственность) интегрируются в фундаментальных основаниях концепции и практики социального государства.

В рамках новой макросоциологической парадигмы создана авторская интегрально-институциональная парадигма, на основе которой (с обращением к идеям Аджимоглу) выявлен механизм функционирования социального государства на базе инклюзивного синтеза институтов рынка и раздатка на Западе и их экстрактивного синтеза – в современной России.

В отраслевой социологии (экономическая социология)

Констатированы разрывы, рассогласования и противоречия социального характера в пространстве взаимодействий а) человека промышленного труда,

б) общества и в) технологий на пороге четвертой промышленной революции в России. В центре внимания ценности, интересы наёмного труда и капитала, региональных и федеральных элит, а также социокультура и её роль в процессах созидания нового технологического уклада. Анонсированные выше разрывы и рассогласования в историческом контексте подразделяются на: 1) классические старые, уходящие вглубь веков, но существующие в современном мире в неизменном виде и формах, 2) классические старые в «новом обличье» (подреставрированные временем под влиянием идей гуманизации) и 3) новые, характерные для эпохи постиндустриального общества, постмодернити.

Прогноз развития общественных наук

Общественная наука открывает новые страницы прошлого, создает информационный задел для понимания текущего состояния российского общества, его экономики, обеспечивает директивные органы и всю систему управления данными, позволяющими принимать ответственные решения, которые отразятся на жизни российских граждан, определиться с ключевыми направлениями развития страны.

В ближайшие годы в области **философии** особое значение приобретут масштабные проекты, направленные на исследование всемирной философии в ее историческом развитии, включая выработанные ею основные понятия, системы мысли, философские направления и отдельные персоналии. Необходимо получить сбалансированное представление о внутреннем строении современной философии, определить «удельный вес» отдельных философских дисциплин, что будет иметь важное значение при планировании научной работы, в частности при определении исследовательских приоритетов. Для России особое значение приобретет философское осмысление оснований цивилизационного проекта, приемлемого для неё.

В области *эпистемологии* и *философии* науки необходим комплексный анализ ключевых проблем в области философских исследований познания, сознания, языка и текста в контексте современных когнитивных наук и демонстрация преимуществ философской методологии для решения данных проблем. Особое значение приобретут исследования современных подходов к проблеме взаимосвязи языка и мышления, к проблемам коммуникации, диалога, нарратива и дискурса. Исследования на стыке эпистемологии, философии языка и логики, предполагающие углубленное изучение связей между теорией знаков и логикой, будут положены в основу решения фундаментальных вопросов происхождения логики и ее роли в процессе познания.

В области социальной и политической философии в ближайшее время наиболее актуальными и перспективными станут проекты, направленные на философское обоснование цивилизационной безопасности России, опирающейся на долговременную стратегию развития собственного цивилизационного проекта в его внутреннем и глобальном измерении. На этой основе Россия может предложить привлекательный для всего мира проект глобализации как всече-

ловеческого содружества культур. Такой проект мог бы стать основой мягкой силы России, ее идеологической мощи в современном мире. Он послужил бы действенной альтернативой давно осуществляемому и ущемляющему российские интересы глобализационному проекту, позволил бы составить конкуренцию проекту глобальной идеологии, который активно продвигается Китаем. Формулировка собственного цивилизационного проекта жизненно необходима сегодня России в свете вызовов культурно-цивилизационного порядка, с которыми страна сталкивается на международной арене. Не менее актуальны и вопросы сохранения внутрироссийского цивилизационного пространства как пространства свободы и гармоничного развития всех культур, исторически существовавших и существующих на территории Российской Федерации.

В области *этики, эстетики, философии религии* особое значение приобретут исследования, направленные на углубленное изучение проблем практики в широком ее понимании, включающем деятельность индивида и социума по воспроизводству себя, реализации идей, замыслов, теорий, производству материальных и духовных продуктов, преобразованию природной и социальной среды, а также созданию необходимых условий (материальных, культурных, организационных), обеспечивающих осуществление этой деятельности. Наиболее актуальными и перспективными станут исследования, направленные на переосмысление и коррекцию теоретического образа морали на основе результатов научных (когнитивных, нейропсихологических, биоэволюционных) и этико-прикладных исследований. Активное взаимодействие философов с представителями когнитологии, наук о человеке, социальных наук для корректной и конструктивной конвергенции философских, научных, частнодисциплинарных подходов в изучении морали. Существенное значение приобретет социально-этическое изучение профессиональных и предметно-определенных видов деятельности и этико-прикладные разработки с целью их нормативно-этического обеспечения. Сохранят актуальность исследования исторической эволюции и современного состояния содержания ценностно-императивного сознания, изучение истории моральной философии и моральных учений в контексте истории культуры и всеобщей истории.

Наиболее вероятные векторы развития в области *историко-философских исследований* связаны с изучением мировоззренческих и философских мировых систем в их динамике, выявлением их неотчуждаемых особенностей и специфики, выстраиванием целостной картины интеллектуального универсума и его сегментов – культурных идентичностей и философских парадигм. Важно представить понимание логико-смыслового подхода к исследованию культуры как пути, избегающего крайностей традиционного универсализма, придающего частному культурному опыту общечеловеческий характер, с одной стороны, и цивилизационного подхода, замыкающего культуру в жестких рамках ее отличительных черт, с другой.

В российской **социологии** идет многогранная теоретическая работа по созданию сложных моделей социальной структуры российского общества, реализуются проекты, направленные на изучение динамики его развития, исследу-

ется характер межэтнических отношений, изучается сфера труда и занятости, диагностируется состояние институциональной сферы и степень ее эффективности. В развитии общественных наук необходимо сохранить баланс фундаментальных и прикладных исследований.

Важнейшими направлениями исследования являются: изучение социальных проблем человека в техномире, изменений российского общества в условиях неопределенности, социокультурных и религиозных процессов в современной России, проблем социокультурной саморегуляции жизнедеятельности молодежи в изменяющейся социальной реальности, разработка фундаментальных основ социально-экономического и технологического развития территорий Российской Федерации, конструирования новой социальной реальности, стратегии упреждения рисков и угроз национальной безопасности, мониторинг изменений повседневной жизни россиян, интеграционных процессов в ЕАЭС.

Особое значение в современных условиях имеет изучение демографической и миграционной проблематики: разработки стратегии пространственного развития и миграционной политики России, обоснование стратегической цели демографического развития России на втором этапе депопуляции, мониторинг процессов воспроизводства населения в России.

Учитывая устойчивые глобальные тенденции дестабилизации этносоциальной обстановки под воздействием миграционных потоков, исследование адаптационных механизмов мигрантов, социальных технологий, направленных на нейтрализацию негативных последствий межэтнических конфликтов, можно рассматривать как устойчивое предметное поле исследований *в области этнической социологии и политологии*.

Представляется, что в ближайшее десятилетие внимание исследователей будет акцентировано на процессах урбанизации, формировании агломераций, этнических и конфессиональных анклавов, этнических секторов экономики, охватывающих систему коммуникационных связей новых волн мигрантов с традиционными социальными институтами районов их «исхода» (этнической территорией, районами компактного расселения).

Перспективными становятся разрабатываемые в настоящее время концепции регионального этнологического мониторинга, позволяющие рассматривать современные этнополитические, этнодемографические и социально-экономические процессы (этносоциальная обстановка) в историческом контексте, что позволяет выйти на уровень научного прогнозирования изменения этносоциальной обстановки, выбора апробированных социальных технологий нейтрализации межэтнических конфликтов.

Экзистенциальной для России становится задача пространственного освоения страны, что предполагает перспективы решения проблем освоения и развития депрессивных регионов страны за счет не только иммиграции, но и внутренних миграционных ресурсов России.

Ученым предстоит продолжить исследовать региональные и локальные особенности проблем и приоритетных задач в области государственной национальной политики, анализировать и обобщать успешные практики ее вы-

полнения в субъектах Российской Федерации, проводить мониторинговые исследования с целью выявления целевых показателей реализации Стратегии в тех или иных регионах и на федеральном уровне, что предполагает проведение в ближайшем будущем различных сравнительных кросс-региональных исследований.

В области **права** особое место в научно-исследовательской деятельности ученых в ближайшей перспективе займет правовое обеспечение реализации целей и задач, вытекающих из Указа Президента Российской Федерации («О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 7 мая 2018 года № 204) и разработанных на его основе Правительством Российской Федерации национальных проектов в области науки, образования, демографии и других.

Модернизация и глобализация современного мира продолжают оказывать существенное воздействие на правовые системы. Изменяется сущность права, которое в окружающей действительности должно активнее реагировать на изменение отношений гражданина, общества и государства. Юридическое сообщество ищет точки сближения для правовых систем, чему служит сравнительное правоведение, способствующее имплементации в правовую доктрину эффективных правовых конструкций, разработанных и применяемых в других государствах.

Научно-технический прогресс стимулирует развитие новых институтов права, имеющих для разных государств общую основу – информационное право, таможенное право, корпоративное и конкурентное право, правовое обеспечение функционирования энергетического рынка; развитие и сближение которых в то же время происходит неравномерно.

В последующие годы с уверенностью можно прогнозировать продолжение роста интереса к изучению правовой природы сложных, комплексных объектов информационно-технологической сферы: криптовалют, государственных реестров на базе технологии блокчейн, цифровой экономики, роботизации и искусственного интеллекта. Необходимо дальнейшее совершенствование правовых норм в целях предупреждения и противодействия киберугрозам, в том числе в финансово-кредитной сфере, расширение комплексного противодействия киберпреступности путем организации широкомасштабного сотрудничества на государственном уровне, в частности, посредством создания единой системы обеспечения безопасности финансово-кредитных правоотношений в глобальных информационных сетях.

В меняющемся миропорядке потребуются обновления фундаментальных исследований в области международного права и международных отношений, новых исследований вопросов интеграции в рамках евразийского пространства и стран БРИКС.

В России, безусловно, будут востребованы труды в области административного регулирования экономической деятельности; совершенствования уголовных и уголовно-процессуальных мер противодействия преступности и террористическим угрозам в современных условиях.

Для ученых-юристов останутся актуальными проблемы соотношения публичных и частных интересов в праве, в том числе связанные с совершенствованием системы обеспечения прав человека и гражданина; философии и социологии демографических процессов, правового оформления механизмов естественного прироста населения, увеличения продолжительности и качества жизни.

Развитие трудового права и права социального обеспечения в условиях трансформации сферы труда должно обеспечивать его достойные и эффективные условия во всех отраслях экономики России, дифференциацию норм трудового права по его различным институтам, минимизацию для граждан последствий социальных рисков.

Достижение целей устойчивого развития общества, учитывая последовательное увеличение антропогенной нагрузки и мирового населения, требует формирования новых междисциплинарных научных подходов к неистощительному и рациональному природопользованию. Правовая наука должна дать ответы как на старые, так и на новые вызовы экологическому правопорядку и предложить решения новых кризисов и конфликтов. Здесь одним из приоритетных направлений должно стать совершенствование правового регулирования природопользования Арктики, как на национальном, так и на международном уровне. Для обеспечения биологического разнообразия необходимо обеспечить охрану последнего не только в целом, но и его отдельных особо ценных компонентов.

Неизменно пристальное внимание должно уделяться вопросам развития гражданского общества и его институтов, их правовой регламентации; создания правовых механизмов, обеспечивающих рост в отдельных отраслях и экономики в целом, стимулирование инновационной активности предпринимательства, модернизацию регулирования предпринимательских отношений на этапе инновационного развития, в том числе в рамках импортозамещения, реализации институциональных реформ. В связи с введением в Российской Федерации международной системы финансовой отчетности требуется научное обоснование формирования и реализации новой концепции правового регулирования налогообложения.

Особое место в юридической науке приобретает возрождение научной школы и фундаментальных направлений исследований проблем философии права, социологии права, психологии права, теории и истории государства и права.

Перспективы развития **психологической науки** связаны с анализом целостности человека с помощью комплексного исследования; раскрытием структуры психологического знания и выявлением общих закономерностей его развития; изучением влияния психосоциальных стрессов на психическое здоровье человека; определением тенденций изменения социальных представлений и установок индивидуального и группового сознания в условиях общественных трансформаций; выявлением индивидуальных и групповых факторов психологических отношений личности в различных формах совместной жизнедеятельности. Значимыми темами представляются социально-психологические проблемы активности профессионала в условиях общественного развития,

проблемы психологической поддержки лиц экстремальных профессий, психологические особенности формирования представлений и установок на здоровый образ жизни.

Стремительно возрастающая роль коммуникации и совершенствование информационных технологий определяют актуальность изучения дискурса, формирующегося в процессе взаимодействия субъектов в различных социальных и коммуникативных контекстах. Изучение психологических механизмов организации дискурса имеет несомненную практическую значимость, определяющуюся возрастающим интересом к совершенствованию коммуникативных навыков, оптимизации понимания, мерам информационной психологической безопасности.

В области социальной психологии растущая взаимозависимость людей в обществе риска ставит перед ней фундаментальную задачу – исследовать условия формирования субъектности уже не только на уровне диады, малой группы или организации, но и на уровне макropsychологических общностей, от глобальных сетевых сообществ до человечества как единого целого. Скорость изменений и растущие возможности средств коммуникации заставляют ставить эту прикладную и теоретическую задачу в отношении не только постоянных групп, но и групп временных, и даже стихийных.

Особое значение проблема формирования коллективной субъектности приобретает в связи с нарастающей уязвимостью общества перед инструментами манипулятивного воздействия. Современные информационные войны приводят к появлению большого числа групп, готовых к совместной активности, но не способных к рефлексии, склонных к упрощенным и радикальным решениям. Становится все более значимым исследование факторов формирования субъектной позиции по отношению к глобальным рискам, готовности личности и группы принять их в качестве вызовов, то есть возможностей для преодоления и развития. Еще одной фундаментальной и прикладной проблемой становится прояснение социально-психологических механизмов совместной жизнедеятельности в условиях неопределенности, когда изменения оказываются все более быстрыми и все менее предсказуемыми для социальных групп.

Одним из трендов в нейроисследованиях является исследование активности мозга при социальных взаимодействиях. Социальная нейронаука представлена разными направлениями исследований, общей характеристикой которых является то, что вместо физических параметров среды используются социальные, при этом остаются актуальными вопросы о характеристиках поведения, осуществляемого во взаимодействии с другими, в сравнении с индивидуальным поведением и о существовании особых мозговых систем для «управления» социальным поведением.

Актуальность общепсихологической проблемы ментальных ресурсов состоит в определении онтологического статуса этого конструкта, который может быть доказан через выявление траекторий системогенеза психологических структур на контролируемом интервале приобретения компетенции в новой предметной области.

Проблема развития человека как субъекта жизни требует своего глубокого изучения по нескольким причинам. Первая – формулируемые в последнее время социальные запросы о необходимости понимания закономерностей становления человека как активного и ответственного за свои решения и поступки субъекта; вторая — интенсивное развитие научного знания о природе человека как субъекта жизни, которая может рассматриваться не только как сугубо методологическая проблема, но и как теоретическая задача, успешно решаемая с помощью современных методов психодиагностики.

В условиях трансформации системы ценностных ориентаций современного общества первостепенной становится задача сохранения целостности личности.

Развивающиеся рыночные отношения в экономике, политическое разнообразие, социокультурные различия и пр. делают человека, лишенного развитого рефлексивного мышления, предметом противоречивого манипулирования. Предполагается, что умение видеть реальные проблемы сложного быстро меняющегося мира – одно из важнейших качеств рефлексивного мышления человека, непосредственно влияющего на формирование социально значимых качеств его личности. Изучение механизмов саморазвития требует значительных усилий в связи с тем, что вопросы нормативной регуляции нравственного выбора очень часто выходят за рамки научного анализа и становятся предметом конфронтации разных слоев населения, что негативно влияет на психологическое состояние общества в целом.

В области **экономики** значительное внимание будет уделяться исследованию воздействия внешних факторов на экономику России, принимая во внимание высокую неопределенность относительно глобальной экономической динамики в целом, динамики цен на энергоносители, сохранение (как минимум в среднесрочной перспективе) экономических санкций со стороны западных стран. Назрела потребность расширения использования в макроэкономическом анализе теорий финансовых рынков и новых теорий денег, синтеза финансовой и денежной макроэкономики. Для развития финансового сектора российской экономики требуются исследования, отражающие современные мировые тенденции в этом направлении.

В ближайшие годы исследования в сфере экономической науки будут развиваться по следующим направлениям:

1. В области макроэкономических исследований будет продолжен поиск наилучшей модели для экономического развития России в долгосрочной перспективе. С этой точки зрения необходимо будет:

- выявить оптимальное сочетание между либеральными и дирижистскими подходами в рамках национальной экономической политики;

- разработать и обосновать меры монетарной политики, не влекущие за собой сдерживание темпов экономического роста, но при этом сохраняющие устойчивость рубля и умеренность темпов инфляции;

- усилить поиск решений, которые обеспечат интенсификацию инвестиционных процессов в отечественной экономике;

- продолжить анализ роли, которую в экономике играют институты (в т.ч. собственность, капитал, конкуренция, государственная экономическая политика и структуры государственной власти, финансово-банковские институты, государственный бюджет, налоги, уровень экономической культуры и т.д.); конечной целью такого анализа будут предложения по совершенствованию институтов, влияющих на экономическое развитие страны;

- углубить понимание роли, которую в экономике играет фактор труда; исследуя такие аспекты как взаимосвязь между качеством человеческого капитала и темпами экономического роста, меры по повышению качества трудовых ресурсов и снижению безработицы, способы приведения в соответствие спроса и предложения на рынке труда и т.д.;

- сформулировать и обосновать предложения по мерам и механизмам, которые обеспечат ускорение инновационных процессов и внедрение передовых технологий в российской экономике;

- продолжить поисковые исследования, ориентированные на выявление и уточнение взаимосвязей между экономическим ростом и экологическими ограничениями, а также на создание и развитие «зеленой» экономики.

При этом сфере макроэкономического прогнозирования и разработки программ долгосрочного экономического развития предстоит удлинить горизонты прогнозов (в частности, можно ожидать появления структурно богатых экономических прогнозов с горизонтом до 25–30 лет); усложнить внутреннюю структуру прогнозных моделей с целью более точного отражения происходящих в экономике процессов; увеличить скорость и вариативность прогнозных расчетов.

2. В области региональных экономических исследований необходимо будет:

- сформулировать и обосновать цели, задачи, принципы и основные направления пространственного развития России и российской экономики;

- выявить наилучшие сочетания между экономическими полномочиями федеральной власти и полномочиями регионов и муниципалитетов; это необходимо в первую очередь для повышения качества политики регионального развития, устранения межрегиональных диспропорций и полноценного развития всех территорий страны;

- подготовить предложения по повышению качества и результативности экономической политики на уровне регионов и муниципалитетов.

Инновационное развитие и информационные технологии формируют научную повестку проблем модернизации технологий освоения пространства, инфраструктуры пространственной связности и жизнеобеспечения населения. Остаются в фокусе внимания вопросы развития макрорегионов страны, пространственного неравенства, межрегиональной интеграции и формирования конкурентоспособного пространства. Реализация Стратегии пространственного развития страны создаёт запрос на исследования урбанистической системы страны и городских агломераций, на изучение проблем развития территорий с особой геополитической ролью, ресурсных регионов и Арктики, на совершенствование системы государственного административно-территориального

устройства и развитие научных основ пространственного планирования. Синтез научных направлений привёл к росту интереса к вопросам взаимодействия природной среды, экологии и социально-экономического пространства, роли исторических факторов и культурного разнообразия в пространственном развитии.

Дальнейшее развитие моделирования межрегиональных взаимодействий увязывается с инкорпорацией блоков бюджета, финансов и охраны окружающей среды.

3. В области микроэкономических исследований необходимо будет продолжить изучение роли предприятий (корпораций, фирм и т.д.) и домохозяйств в процессах экономического развития.

Будут увеличены масштаб и глубина обследований, посвященных экономическому поведению предприятий и домохозяйств, их реакции на экономические процессы и различные меры экономической политики государства, а также их влиянию на темпы и качество экономического роста в стране. Кроме того, будут сформулированы и обоснованы предложения по мерам поддержки предприятий и домохозяйств с целью увеличения их вклада в экономическое развитие.

4. Возможности и перспективы развития экономической науки в Российской Федерации находятся под воздействием технологических, социальных и политических трендов, среди которых можно выделить общие и национальные.

Общие мировые тренды, связанные с технологической трансформацией:

- размывание предмета экономической науки, миграция направлений исследований в более широкий контекст социальных наук и расширение междисциплинарных исследований (например, эконофизика, новая экономическая география, поведенческая экономика и др.);

- рост методов исследований как за счет развития вычислительных мощностей, так и за счет адаптации методов других наук. Разработка методов исследования нестационарных и нелинейных процессов, а также моделей взаимодействия различных агентов экономики;

- стремительное увеличение количества доступных источников и числа данных для тестирования гипотез и выполнения эмпирических исследований, возможности работы не с выборками, а с генеральными совокупностями данных.

Национальные вызовы связаны с исчерпанием возможностей «сырьевой» модели роста и ожидаемым долгосрочным снижением темпов экономического развития, которые усугубляются технологической отсталостью и низкой инновационной активностью значительной части промышленных предприятий. Санкционный режим, препятствующий импорту передовых технологий и технологического оборудования, ограничивает возможности заимствования технологий и инноваций и делает необходимым создание передовых технологий и инноваций.

Перечисленные вызовы формируют потребность в исследованиях закономерностей и особенностей инновационных процессов и систем как основы для научного обоснования приоритетов, целей и механизмов научной, инновационной и промышленной политики и стратегии национального развития.

Цифровая трансформация может радикально изменить методы и результаты экономических исследований за счет использования больших данных, искусственного интеллекта и машинного обучения. Новые технологии могут привести к принципиальным изменениям в способах получения данных; способах анализа данных и в возможностях использовать результаты анализа. Платформы больших данных позволяют получать информацию в режиме реального времени, что может сократить цикл обратной связи между мониторингом результатов, обучением и принятием решений.

Уже в настоящее время эти новые технологии используются в экономических исследованиях, и прогнозируется их широкое распространение в ближайшие годы. Это предполагает изменения в подготовке исследователей, организации их деятельности, процессах создания и распространения новых знаний.

Исследования процессов возникновения, распространения и восприятия новых технологий (NBICS-технологии) и связанных с ними изменений поведения потребителей (поколения Digital natives), формирования новых рынков, трансформации отраслевых структур, сетевых взаимодействий и инновационных платформ будут определять повестку инновационных исследований. Именно в этой области для российских исследователей открываются окна возможностей для достижения мировой конкурентоспособности.

5. В области экономико-математических методов и инструментария, обеспечивающих эффективность экономических исследований, необходимо развитие следующих направлений.

Разработка и использование агентных, оптимизационных и эконометрических моделей для исследования социально-экономических процессов и инвестиционных программ. Разработка глобальной агент-ориентированной модели для прогнозирования социально-экономического развития России на различных временных горизонтах. Разработка комплекса детализированных до уровня отдельных индивидуумов агент-ориентированных моделей, имитирующих социально-экономическую систему Евразийского континента, в том числе создание системы алгоритмов, имитирующих основные элементы поведения агентов.

Развитие теории и компьютерно-математического инструментария для анализа качества управления социально-экономическими системами. Разработка дискретных динамических игровых моделей для исследования рынков высокотехнологичных продуктов, энергетических и других ресурсов. Разработка модели формирования общественного мнения. Разработка и анализ динамических моделей управляемых экономических процессов, в том числе моделей оптимизации параметров концессионного соглашения; а также моделей процесса приватизации. Исследование механизмов управления экономическими процессами и минимизации риска. Разработка динамических моделей с использованием аппарата функционально-дифференциальных уравнений, приближенных численных методов решения бескоалиционных игр многих лиц и др. для приложений в экономике и медицине.

Развитие вероятностно-статистических методов и моделей, теоретической и прикладной эконометрики и модельных экспериментов в экономике. Разработка принципов формирования системы крупномасштабных проектов модернизации экономики. Развитие методов математической социологии. Разработка теоретических и методологических основ, математического и эконометрического инструментария для исследования и моделирования качества и образа жизни населения на уровне регионов и экономики в целом, а также определения характера и степени влияния на него факторов социально-экономического развития и безопасности. Разработка методов экспертной оценки и прогноза качества жизни населения и методологических основ анализа трансформации систем жизнеобеспечения на региональном уровне.

Разработка экономико-математических методов и моделей для исследования развития отраслей повышенного спроса на знания (отрасли наукоемкого сектора экономики и высокие технологии – робототехника, информационно-коммуникационные технологии и др.) и анализа влияния макро- и микроэкономических факторов (в том числе моделей для оценки влияния неравенства доходов, фискальной и денежно-кредитной политики и др.) на этапе реиндустриализации, цифровизации экономики, осуществления 4-ой промышленной революции. Разработка моделей для анализа и прогнозирования технико-экономических показателей высокотехнологичной продукции. Анализ появления и распространения проблемных инноваций, выявление и оценка связанных с ними рисков на примере отдельных видов продукции и технологий, в том числе в области искусственного интеллекта и робототехники, а также продуктов потребления. Исследование рисков и угроз, обоснование приоритетов государственной научно-технологической и инновационной и экономической политики и разработка рекомендаций по обеспечению экономической, научно-технологической и национальной безопасности в условиях возрастания глобальной нестабильности.

Разработка теории оценки цифровых продуктов, знаний, интеллектуальных активов и бизнеса, методов и инструментов для проведения практических измерений и стоимостных оценок в экономике знаний и цифровой экономике. Моделирование сделок в цифровой экономике, спроса на знания, цифровые продукты.

Создание единой системной многоуровневой теории и моделей эволюции функционирования и взаимодействия социально-экономических объектов на нано-, микро- и мезоэкономическом уровне. Разработка системы показателей, методики факторного анализа и оценки эффективности, а также системы эффективных организационно-управленческих и социально-экономических институтов координации и согласованного развития мезоэкономических производственных комплексов и входящих в них предприятий. Обоснование принципов и методов обеспечения согласованного развития экономических систем на мезо- и микроэкономическом уровне, а также многоуровневых социально-экономических комплексов. Применение мезоэкономической теории для исследования энергетического, нефтехимического и высокотехнологично-

го комплексов отечественной экономики, и анализ влияния макро- и микроэкономических факторов на эффективность их развития.

Развитие методологии макроэкономических измерений и анализа длинноволновой динамики экономического развития, в том числе методов построения и использования для макроэкономического анализа индикаторов длинноволновой динамики. Теоретическое обоснование завершения фазы длинной волны, исследование финансового фактора длинноволновой динамики. Теоретическое обоснование адаптации экономических субъектов к процессу завершения этапа развития технологической базы производства. Разработка социального, научного и культурного блоков векторного индикатора «институционального качества экономики».

Обоснование мер господдержки потребления низкодходных групп населения, включая адресные дотации, отмену плоской шкалы налога на доходы физических лиц и др. Разработка рекомендаций по сокращению масштабов теневой экономики, диверсификации мотивации экономической деятельности, реформированию системы пенсионно-социальной защиты и предотвращению выявленных угроз и рисков.

Создание и развитие единого и безопасного информационного пространства для экономических исследований с использованием современных и перспективных информационных технологий, в том числе разработка методологии учета, анализа и представления результатов научной деятельности подразделений научно-исследовательской организации. Развитие концепции и информационных технологий открытой науки в рамках цифровой экономики. Разработка, совершенствование и поддержка систем внутреннего и внешнего электронного документооборота научно-исследовательской организации и их совместное использование с государственными информационными системами. Создание и опытная эксплуатация программно-аппаратно-методического комплекса «Ситуационная комната». Разработка и практическая реализация методов технического, информационного и консультационного сопровождения деятельности образовательных организаций.

6. Важными направлениями исследований станет разработка комплексных агрегированных экономико-демографических моделей, описывающих взаимное влияние экономических переменных, возрастной структуры населения и параметров его воспроизводства и исследования в области биодемографии и эволюционной демографии.

Плодотворным представляется направление исследования процессов самоорганизации населения в группы и анализ социальных и экономических оснований этих процессов. Данный подход позволит разработать динамические модели самоорганизации населения в процессе информационного обмена, экономических основ ассимиляции, моделировать процессы внутренней миграции и ряда других явлений. Найдёт данный подход применение и при разработке агрегированных динамических макроэкономических моделей, в частности, моделей, дающих возможность исследовать условия существования естественного уровня безработицы и оценить его величину.

Современная наука опирается на комплексный подход, интегрирующий взгляды на один и тот же предмет исследования с точки зрения разных дисциплин, при этом и перспективы развития должны опираться на усиление взаимодействия экономических, демографических и социальных наук.

7. В условиях цифровой экономики решить задачу измерений показателей качества жизни населения проще и экономичнее можно лишь при применении основополагающих принципов менеджмента качества, а также инструментов экономики качества. Поэтому представляется целесообразным дальнейшее расширение сферы применения инструментов экономики качества, в частности, метрологии, стандартизации, управления качеством, для более эффективного управления развитием регионов на основе теории и практики, основанной на методологии Всеобщего управления качеством (TQM). В условиях меняющегося социально-экономического пространства значительный вклад в исследование взаимосвязи технологических и институциональных изменений могут внести прогнозы развития стандартизации. Основой проведения данного исследования должна стать разработка и апробация модели оценки качества жизни населения.

8. Развитие интеграционных процессов в рамках Евразийского экономического союза потребует углубленных исследований в области теории и практики экономической интеграции с учетом новых тенденций: усиления протекционизма в мировой экономике, развития интеграционных процессов среди стран с формирующимися рынками и развивающихся стран, создания новых форматов экономической интеграции (в том числе трансрегиональных партнерств), разработки моделей сотрудничества России со странами-соседями с учетом конкретных экономических и политических условий, в которых осуществляется это сотрудничество. В такого рода моделировании необходимо иметь ясное представление о факторах экономического роста, которыми располагают страны-соседи, и о роли сотрудничества с Россией в их наиболее полном и эффективном использовании.

На фоне нарастающей активности Китая в рамках интеграционной инициативы «Пояс и Путь» требуют оценки и научного прогноза возникающие в связи с этим вызовы и риски для интеграционных проектов с участием России, разработки подходов к согласованию интересов и разрешению противоречий между странами ЕАЭС в условиях турбулентности мировой экономики.

Перспективной сферой исследований станет изучение формирования инфраструктурного каркаса для реализации концепции «Большой Евразии». Создаваемая инфраструктура призвана стимулировать формирование связей, содействующих промышленному развитию, диверсификации российской экономики и тем самым повышению роли России в мировом хозяйстве.

9. Особое значение приобретает исследование новых вызовов, связанных с развитием цифровой экономики, которые могут как сформировать новые возможности для экономического развития России, так и нести угрозы национальной безопасности. Перспективными являются исследования по изменению соотношения сил в мировой экономике, масштабов и структуры занятости в цифровой экономике, разработке мер государственной экономической

политики по стимулированию развития цифровой экономики, трансформации национальных и мировой финансовых и денежных систем, поиску ответов на новые угрозы, которые несет с собой распространение новых технологий.

Особого внимания в условиях цифровой трансформации экономики заслуживают фундаментальные проблемы решения сложных практических задач с помощью суперкомпьютеров.

Перед российской общественной наукой стоит важнейшая задача, состоящая в том, чтобы оценивать в режиме обратной связи качество и отдачу решений, принимаемых на разных уровнях государственного управления.

Важнейшие достижения

Одной из наиболее выраженных тенденций современных общественных наук как комплекса научных дисциплин (философия, социология, политология, психология, экономика и право) является формирование новой гуманитарной парадигмы, интегрирующей знания и опыт, научное понимание индивидуального и коллективного социального поведения, социальных действий людей и создаваемой ими социальной реальности.

1. На основе анализа роли и поведения финансовых составляющих в переломный период развития России разработаны научно-обоснованные предложения по оптимизации реформирования отдельных сторон финансовой системы с тем, чтобы она обеспечивала достойный социально-экономический рост за счет внутренних источников нашей страны: достроить финансовую систему, сформировав развитые фонды «длинных» денег – инвестиционные, пенсионные, страховые и паевые, сопоставимые по значимости с масштабами банковской системы; увеличивать активы банковской системы, и в первую очередь – кредитование предприятий, организаций и населения; обеспечить рост инвестиционного кредита в основной и человеческий капитал. По результатам исследования опубликована монография: ак. Аганбегян А.Г., «Финансы, бюджет и банки в новой России», признанная лучшей книгой 2018 года (рис. 123).

2. Рассмотрена предметность этики как практической философии в ее историческом становлении, основном теоретическом содержании, соотношении с другими аспектами философии и важнейших нормативных следствиях. Обосновано понимание самой философии как своеобразного этического проекта, в рамках которого мораль выступает как один из пределов рациональности, получающего адекватное выражение в негативных поступках. По результатам исследования опубликована монография на русском и китайском языках ак. Гусейнов А.А. (Guseynov A.A.) «Problems of Ethics» (рис. 123). (Институт философии РАН)

3. Выдвинуто положение об исходной множественности человеческого разума, без чего невозможно объяснить вариативность эпистем, развернутых в

историческом опыте больших культур и заданных коллективным когнитивным бессознательным (ККБ). Показаны варианты ККБ как интуиции пространственного соположения и интуиции протекания, выдвинута гипотеза о том, что они обосновывают субстанциальную и процессуальную логику соответственно. Результаты имеют значение для разработки теории сознания и логики (ак. Смирнов А.В.). По результатам исследования опубликована серия статей (Институт философии РАН).

4. Исследованы различные аспекты трансформационных процессов, происходящих в сфере прав человека, выявлены новые тенденции, складывающиеся под воздействием глобализации, изменения в соотношении национального, международного и наднационального уровней правового регулирования, а также политических, экономических и социальных преобразований в стране и мире. Исследовано влияние культурологического и социально-политического контекста на развитие теоретических подходов и практики правового регулирования, осуществления и защиты прав человека в современном мире. По результатам исследования опубликована коллективная монография «Трансформации прав человека в современном мире» под ред. чл.-к. Савенкова А.Н. (рис. 123) (ИГП РАН).

5. Произведены оценки потенциальной динамики роста ВВП в перспективе до 2024 года (4–5,5%). Определено, что ключевыми факторами роста в среднесрочной перспективе может быть рост накопления основного капитала до уровней в 26–27%, реализация проектов в области развития производственной инфраструктуры, строительства жилья, модернизации машиностроения, повышения эффективности экспорта. Сформулировано, что достижение потенциальных значений экономического роста невозможно без опережающего роста производства в старопромышленных регионах: Сибирском, Уральском, Приволжском федеральных округах.

6. С использованием методологии «затраты-выпуск» разработана методика оценки макроэкономических эффектов от развития объектов атомной энергетики, в том числе от проектов, реализуемых за рубежом. Методика позволяет анализировать прямые и косвенные экономические эффекты на производство, ВВП, доходы бюджета, занятость как на стадии строительства, так и в период эксплуатации энергетических объектов. По результатам исследования подготовлен научный доклад (рис. 123) (ИНП РАН).

7. Разработана новая конструкция агент-ориентированной модели, на единой идеологической и технологической основе имитирующей разные аспекты социально-экономической системы Евразийского континента и детализированной до уровня отдельных индивидуумов. Такой подход позволяет одновременно имитировать множество процессов, в которых участвуют люди, населяющие страны Евразии. Развитие модели осуществлялось в направлении детализации

и классификации агентов разных типов (агенты-люди, агенты-предприятия, агенты-страны и др.), что позволило расширить круг имитируемых процессов и обеспечить реалистичность их имитации. Модель настроена на анализ последствий реализации крупных инфраструктурных проектов, подобных Новому шелковому пути (ак. Макаров В.Л., чл.-к. Бахтизин А.Р., к.э.н. Сушко Е.Д.) (рис. 124) (ЦЭМИ РАН).

8. Проведен анализ результатов многолетних общенациональных социологических исследований, характеризующих отношение россиян в целом и их различных социальных групп к итогам двадцатипятилетних постсоветских трансформаций. Выделены приобретения и потери населения страны за годы реформ, рассмотрены объективное и субъективное благополучие и неблагополучие российских граждан, динамика их идейно-политических предпочтений. Особое внимание уделено социокультурным изменениям, произошедшим за годы реформ, формированию российской идентичности и роли в обществе религии и религиозных организаций. Проведен анализ повседневной жизни россиян, проживающих в мегаполисах и провинции, жизненного мира сельских жителей. Рассмотрено влияние исторического прошлого страны на массовые оценки российских трансформаций (рук. ак. Горшков М.К.). По результатам исследования опубликована коллективная монография «Двадцать пять лет социальных трансформаций в оценках и суждениях россиян: опыт социологического анализа» (рис. 123) (ФНИСЦ РАН).

9. Под руководством ак. Окрепилова В.В. проведен анализ развития стандартизации и метрологии с целью определения перспективных направлений использования инструментов экономики качества в цифровой экономике. В сотрудничестве с ак. Макаровым В.Л. впервые в отечественной практике разработан механизм применения элементов экономики качества с целью улучшения качества процессов на основе агент-ориентированных моделей, дающий возможность повысить эффективность управления развитием отдельных территорий и страны в целом за счет совершенствования информационной базы, учета взаимодействия между факторами, воздействующими на качество социально-экономической системы и применения риск-ориентированного подхода (рис. 125) (ИПРЭ РАН).

10. Разработан подход к региональному стратегическому планированию, объединяющий методику SWOT-анализа и когнитивного моделирования. Данный подход, включающий в себя оценку роли внешней среды и значимости внутренних факторов, а также анализ характера и силы их взаимосвязей, позволил сформулировать рекомендации для региональных органов власти (Республики Саха (Якутия)) в направлениях, способствующих реализации стратегических целей и задач долгосрочного социально-экономического развития. Сформированы критерии для оценки и выбора действий в рамках различных политик. Меры по синхронизации реализации арктических проектов (с повышенной ка-

питалоемкостью и сложностью осуществления) с развитием соответствующих транспортных схем и направлений перевозки грузов, а также создание условий для развития экономической кооперации Севера и континентальных районов страны (рис. 126) (ИЭОПП СО РАН, Крюков В.А.).

11. В отличие от традиционных адаптационных механизмов, разработаны и научно обоснованы механизмы ускоренного развития региональных агропродовольственных систем в условиях глобальных вызовов и санкционной политики, которые позволяют сформировать новую архитектуру агропродовольственной сферы на платформе «Индустрия 4.0», направленную на обеспечение продовольственной безопасности страны и повышение качества жизни населения. Результат исследования отражен в монографии «Продовольственный рынок регионов России: новый вектор развития» (д.э.н. Лаврикова Ю.Г., д.э.н. Неганова В.П.) и статьях в журналах, индексируемых WoS (рис. 123) (ИЭ УрО РАН).

12. Предложена концепция абстрактного экономического пространства, позволяющая вывести на новый операциональный уровень классификацию видов экономического пространства. Дана оценка возможностей использования универсальных с методологической точки зрения способов упорядочивания когнитивных отображений пространства в рамках предложенной концепции. Установлена взаимосвязь видов экономического пространства и способов их формализаций (рук. ак. Минакир П.А.) (рис. 127). По результатам исследования опубликована серия статей в рецензируемых изданиях (ИЭИ ДВО РАН).

13. В результате многофакторных исследований выявлены тенденции развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) азиатских регионов России в первой половине 21 века в аспекте усиления энергетического сотрудничества Российской Федерации со странами Северо-Восточной Азии. Сделан прогноз добычи и производства топливно-энергетических ресурсов (нефти, природного газа, угля, электроэнергии) в Сибири и на Дальнем Востоке к 2050 году. Разработан прогноз экспорта российских ТЭР в европейском и азиатском направлениях (рис. 128) (Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения РАН).

14. Впервые проведено отечественное теоретико-эмпирическое исследование, посвященное социально-психологическим механизмам отношения личности и группы к глобальным рискам. В центре внимания данной работы находились проблемы формирования глобальной идентичности, психологических особенностей глобальных рисков и отношения личности к различным их типам (ядерная война, изменение климата, риски новых технологий), а также социально-психологических предпосылок предотвращения глобальных катастроф.

По результатам исследования опубликована монография «Психология глобальных рисков» (рис. 123) (ИП РАН, д.п.н. Нестик Т.А., член-корреспондент РАН Журавлев А.Л.).

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОТНОШЕНИЯ

В 2018 году исследования ОГПМО подтвердили ранее выдвинутую гипотезу о системных сбоях современного миропорядка, которые привели к росту экономических и политических рисков, военных угроз, региональной и межблоковой конфронтационности. В глобальной экономике возросли риски, связанные с финансовыми трудностями, бюджетными дисбалансами и обострением торговых споров. В политической сфере формируется «новая bipolarность», разрушается сложившаяся система международных договоров в сфере безопасности. Политические действия все меньше опираются на многосторонний, основанный на сотрудничестве и рассчитанный на долгосрочную перспективу подход к глобальной политике. Для решения проблем миграции, социального неравенства, преодоления бедности, развития критически важных отраслей глобальной инфраструктуры требуются новые подходы к формированию гибкой и способной к реагированию многосторонней системы.

Высокую оценку коллег и Президиума РАН получил проведенный институтами отделения анализ ситуации в важнейших сферах международной безопасности и контроля над вооружениями в части развития ядерных арсеналов и национальных стратегий крупнейших ядерных держав. Специалистами ИМЭМО РАН и ИСК РАН намечены задачи по укреплению режимов ограничения вооружений. Предложены меры по прекращению противостояния в Европе, урегулированию конфликта на востоке Украины, в Сирии, в Афганистане, по решению иранской и северокорейской ядерных проблем. Дана оценка рисков, связанных с терроризмом, новейшими системами вооружений, проникновением гонки вооружений в информационную сферу, глубины океана, а также рисков, связанных с ростом военной активности в Арктике.

ИДВ РАН в 2018 году исследовал проблемы сопряжения российских и китайских проектов в Евразии, процессы расширения Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) и Экономического пояса Шелкового пути (ЭПШП). На основе анализа данных процессов рассмотрены основные тенденции: а) способствующие, б) препятствующие формированию Большого евразийского пространства. Новые методики сравнительного военно-политического и экономического анализа деятельности постоянных членов ШОС позволили показать возможные направления сотрудничества России, Китая и других участников ШОС в реализации проектов Евразийского экономического союза, ЭПШП и положений Стратегии её развития относительно вопросов безопасности. Развивая тему роли Китая, России и других стран Азии в мировой экономике и политике, Институт истории, археологии и этнографии ДВО РАН в 2018 году изучил основные тренды развития морской экономической деятельности (освоение шельфа, судоходство, морская торговля, морской туризм, промышленное рыболовство, судостроение и пр.), а также стратегии и практики, которые Россия может эффективно использовать для реализации своих интересов и

морской политики в зоне Северной Пацифики, расширения российского участия в этой деятельности, повышения его качества и результативности. Результатом работы является проведение сравнительного анализа содержания доктрин и стратегий морского развития как основы для выработки рекомендаций по совершенствованию политики Российской Федерации в данной сфере.

Институт Европы РАН провел анализ политико-идеологической конкуренции в Евросоюзе, движущими силами которой являются умеренное течение ЛПИ и “европейская альтернатива”. Прогнозируется дальнейший рост влияния “нового популизма” в результате выборов в Европарламент в мае 2019 году. Сделан вывод, что наращивание собственного политико-военного потенциала ЕС является императивом. Кроме того, институт публикует материалы по наиболее острым проблемам современной Европы: безопасность, выход Британии из ЕС, миграционный кризис, противостояние Европы и США по вопросу «иранской ядерной сделки» и проблема украинского кризиса.

Исследования Института Латинской Америки РАН характеризуют состояние российско-латиноамериканских отношений в целом позитивно. Сделан вывод о том, что общий климат для отношений России и стран Латино-Карибской Америки (ЛКА) остается благоприятным. Во-первых, это определяется значительным схождением позиций Российской Федерации и многих стран ЛКА по ключевым вопросам международной повестки. Во-вторых, значительной взаимодополняемостью экономик Российской Федерации и многих стран ЛКА, возможностью поставки на этот рынок российской машино-технической продукции и «ноу-хау». В-третьих, не раз подтвержденной солидарностью в сложных для нас ситуациях на международной арене. Будучи объективно заинтересованными в сильной России в качестве противовеса США и в качестве источника альтернативных проектов, латиноамериканские государства в своем большинстве не склонны в то же время к конфронтационным отношениям с США. В рамках законченных тем предлагаются меры, способные если не блокировать, то в определенной мере ослабить санкции Запада на возможности российского бизнеса в области финансирования своих операций с партнерами из ЛКА.

Проект «Африка в новых глобальных реалиях: вызовы и возможности для России», реализованный Институтом Африки РАН, показал динамику и трансформацию традиционных угроз «африканского происхождения» в меняющемся геополитическом и геоэкономическом балансе сил, причины возникновения и характер новых вызовов для африканского континента, и в этом контексте – точки и векторы российских интересов. Изучено место экономики Африки в меняющейся конфигурации экономического миропорядка, выявлены возможные каналы воздействия африканского континента на другие регионы.

Весьма актуальной стала монография членов-корреспондентов РАН И.О. Абрамовой и Л.Л. Фитуни, в которой исследованы роль и место ислама в международном развитии и глобальном управлении. Показаны особенности межцивилизационного и межконфессионального взаимодействия в меняющемся мире. Определены возникающие вызовы и угрозы интересам России, включая проблематику борьбы с современными формами экстремизма и

международного терроризма. Новизна исследования – в комплексной оценке и прогнозе развития «мусульманского сегмента» современного полицентричного мира, конфликта между пространственной экспансией традиционного ислама и неолиберального миропорядка, технологий управления массами, рисков региональной дестабилизации и возможностей обеспечения глобальной безопасности.

Важнейшие достижения

1. Представлена целостная аналитическая картина интеграции инокультурных мигрантов в развитых регионах мира. Показаны не только проблемы и риски, но и ресурсы, приносимые инокультурной иммиграцией странам-реципиентам. Показано, что в условиях кризиса ассимиляционизма и мультикультурализма упрочиваются позиции интеркультурализма, предполагающего перенастройку деятельности государственных и иных структур на условия сверхразнообразия. Описаны сложившиеся и нарождающиеся парадигмы организации межкультурного взаимодействия. Выявлена и объяснена специфика национальных вариантов интеграционной политики. Описана специфика интеграционного вопроса в России и сформулированы задачи государственной политики в области адаптации приезжих, интеграции представителей второго поколения мигрантов, преодоления ксенофобии и расизма. (ИМЭМО РАН)

Опубликована коллективная **монография «Интеграция инокультурных мигрантов: перспективы интеркультурализма»**. Отв. ред.: И.П. Цапенко, И.В. Гришин. – М.: ИМЭМО РАН, 2018. – 233 с. – ISBN 978-5-9535-0538-3(по проекту РФФИ) (рис. 129).

2. Проведено исследование системы управления Экономическим и валютным союзом (ЭВС) в интегрированной Европе. Дана оценка ее соответствия требованиям демократической легитимности и эффективности политики, которая проводится в институциональных рамках ЭВС. Наряду с особенностями наднациональной кредитно-денежной политики и углублением в еврозоне макроэкономической координации, рассмотрены политико-организационные аспекты в строительстве Банковского союза, а также состояние и вероятные перспективы фискальной интеграции в ЕС (ИМЭМО РАН).

Издана монография **Стрежневой М.В. «Экономический и валютный союз в Европе: проблемы эффективности и легитимности»**. – М.: ИМЭМО РАН, 2018. – 150 с. – ISBN 978-5-9535-0543-7 (рис. 129).

3. Материалы II Всероссийской научной конференции франковедов, организованной ИМЭМО РАН совместно с ИЕ РАН и НИУ ВШЭ, обобщены в подготовленном по ее итогам сборнике. Целью научной дискуссии в ходе конференции стал комплексный анализ предварительных результатов первого полугодия пребывания у власти новоизбранного Президента Франции Эммануэля Макрона. В работе рассмотрены социально-экономические реформы, проводимые во

Франции с момента избрания нового президента. Дан анализ перестроения партийно-политической системы страны. Проанализированы основные направления внешней политики Франции на современном этапе: роль в процессах европейской интеграции, атлантический и восточно-средиземноморский векторы внешней политики, отношения Франции и России (ИМЭМО РАН).

Публикация:

Сборник материалов II Всероссийской научной конференции франковедов **«Франция при Президенте Эммануэле Макроне: в начале пути»**. Отв. ред.: М.В. Клинова, А.К. Кудрявцев, Ю.И. Рубинский, П.П. Тимофеев. – М.: ИМЭМО РАН, 2018. – 206 с. – ISBN 978-5-9535-0525-3 (рис. 129).

4. Проанализирована ситуация в важнейших сферах международной безопасности и контроля над вооружениями. Дан анализ развития ядерных арсеналов и национальных стратегий крупнейших ядерных держав. Намечены задачи по укреплению режимов ограничения вооружений. Предложены меры по прекращению противостояния в Европе, урегулированию конфликта на востоке Украины, в Сирии, в Афганистане, по решению иранской и северокорейской ядерных проблем. Дана оценка рисков, связанных с терроризмом, новейшими системами вооружений, проникновением гонки вооружений в информационную сферу, глубины океана, а также рисков, связанных с ростом военной активности в Арктике (ИМЭМО РАН).

Издана коллективная монография **«Безопасность и контроль над вооружениями 2017–2018: Преодоление разбалансировки международной стабильности»**. Отв. ред.: А.Г. Арбатов, Н.И. Бубнова. – М.: ИМЭМО РАН; Политическая энциклопедия, 2018. – 270 с. – ISBN 978-5-8243-2268-2 (ИМЭМО им. Е.М. Примакова РАН) (рис. 129).

5. Российско-китайские отношения являются одним из важнейших направлений внешнеполитической деятельности нашего государства. В меняющемся мире значение китайского фактора в международных делах России также меняется. Издана монография: **«Россия – Китай: формирование обновленного мира»**. Автор книги – видный российский востоковед профессор, доктор исторических наук С.Г. Лузянин всесторонне и сбалансированно анализирует состояние и перспективы развития отношений двух великих мировых держав. Автору удалось структурировать и проанализировать практически весь спектр внешнеполитических и внешнеэкономических связей КНР, в том числе и с Россией. Такой подход позволил раскрыть, пожалуй, самую «горячую» тему современности — формирование обновляющегося мира с учетом места и роли в этом процессе России и Китая (ИДВ РАН).

Публикация:

Монография: **«Россия – Китай: формирование обновленного мира»**; С.Г. Лузянин; отв. ред. академик В.С. Мясников. Предисл. В.А. Никонов. – М.: Издательство «Весь Мир», 2018. 328 с. ISBN 978-5-7777-0727-7 Тираж 500 экз, (рис. 129).

6. В книге «Конфуцианство и даосизм в мировоззрении Л.Н. Толстого» впервые говорится о вхождении китайской культуры конфуцианства и даосизма в духовное пространство русского мирознания, представленного воззрениями Л.Н. Толстого. Показана роль Л.Н. Толстого в идейных исканиях передовых людей России на рубеже XIX и XX веков. На материале переводов Л.Н. Толстым китайской философской классики прослежены пути и особенности усвоения им конфуцианства и даосизма в сравнении с христианским учением. Значительное внимание при анализе трудов Л.Н. Толстого уделено выявлению архитипических построений китайского ДАО и русского Глагола. Книга снабжена справочными приложениями, включающими тексты переводов Л.Н. Толстым китайских конфуцианских и даосских сочинений, их западных и русских переводов, использованных Л.Н. Толстым, а также оригиналов на китайском языке (ИДВ РАН).

Публикация:

Абраменко В.П., Лукьянов А.Е., Майоров В.М. Конфуцианство и даосизм в мировоззрении Л.Н. Толстого / Вступ. слово акад. Тэн Вэньшэна. М.: ИДВ РАН 2018. 748 с., ил. ISBN 978-5-907051-47-8 Тираж 1000 экз. (рис. 129).

7. Издана коллективная монография «**Экономика США в XXI веке: вызовы и тенденции развития**», посвященная новейшим тенденциям и противоречиям в развитии крупнейшей экономики мира – экономики США. Особое внимание в работе уделено состоянию и перспективам американской экономики после разрушительного финансового кризиса 2008–2009 гг. В монографии, состоящей из семи разделов, рассматриваются особенности послекризисного развития экономики после президентских выборов 2016 года. Подробно анализируются состояние и тенденции финансового рынка и бюджета, состояние и перспективы развития социальной сферы, роль и место в экономическом развитии научно-технического потенциала, позиции США на мировых финансовых рынках. Отдельное внимание уделено в работе состоянию аграрного сектора страны, а также состоянию и перспективам энергетического сектора и энергетической стратегии США (ИСК РАН).

Публикация:

Коллективная монография «**Экономика США в XXI веке: вызовы и тенденции развития**» (Под ред. Супяна В.Б.; – М.: Издательство «Весь Мир», 2018. – 424 с. ISBN 978-5-7777-0734-5) (рис. 129).

8. В монографии «**Конфликты низкой интенсивности в американской военно-политической стратегии в начале XXI века**» представлен всесторонний анализ феномена «гибридного конфликта». Исследован процесс трансформации негосударственных субъектов в достаточно эффективные квази-государства. Отдельное место отведено изучению американских разработок новейших средств вооруженной борьбы, где у США имеется большой технологический задел. Среди них высокоточное оружие на носителях малой, меньшей и средней дальности, системы противоракетной обороны на театрах военных действий.

Рассмотрена трансформация американской военной стратегии в таких ключевых регионах планеты, как Европа, Ближний и Средний Восток, АТР и Арктика, где соотношение сил меняется не в пользу США, и где противники Соединенных Штатов могут проводить в отношении США стратегию ограничения доступа/воспреещение доступа и маневра (ИСК РАН).

Публикация:

Монография **«Конфликты низкой интенсивности в американской военно-политической стратегии в начале XXI века»** Под ред. Батюка В.И.; – М.: Издательство «Весь Мир», 2018. – 192 с. ISBN 978-5-7777-0745-1) (рис. 129).

9. Проанализированы налоговая политика администрации Д. Трампа, её программа дерегулирования социально-экономической активности, подходы к изменению иммиграционной политики, включая начало осуществления планов строительства и модернизации стены вдоль американо-мексиканской границы, направления изменения в системе доступного медицинского страхования. Рассмотрены основные положения и формы реализации идеологии «трампизма». Проанализированы особенности развития двухпартийной системы США в период первых двух лет правления администрации Д. Трампа. Проведен углублённый анализ внутривластной ситуации и расстановки сил накануне промежуточных выборов и сделан оправдавший себя на практике прогноз относительно их исхода (ИСК РАН).

Публикация:

Травкина Н.М. **«США: меняющийся алгоритм развития»** – М.: Издательство «Весь Мир», 2018. – 336 с. (рис. 129).

10. Монография академика РАН А.М. Васильева охватывает 100 лет (1917–2017 гг.) отношений СССР/России с регионом: от мессианского романтизма до сурового прагматизма: 20–40-е годы XX в., Суэцкий кризис 1956 г., арабо-израильские войны, война в Персидском заливе 1991 г., советское вмешательство в Афганистане. Автор дает непредвзятую оценку целей, методов и средств политики новой России в этом регионе, ее экономической составляющей, реальных достижений и трудностей, анализирует шаги российского руководства в деле борьбы с терроризмом в связи с интервенцией США в Афганистане и Ираке, «арабской весной» и сирийским кризисом, дает прогнозы на будущее. Книга переведена на английский и арабский языки (ИАФР РАН).

Публикация:

Васильев А.М. **«От Ленина до Путина. Россия на Ближнем и Среднем Востоке»** – М.: Центрполиграф, 2018. – 670 с. ISBN 978-5-227-07511-6 (рис. 129).

11. В монографии членов-корреспондентов РАН И.О. Абрамовой и Л.Л. Фитуни исследованы роль и место ислама в международном развитии и глобальном управлении в контексте актуальных вопросов межкультурного и межконфессионального взаимодействия в меняющемся мире. Определены возникающие вызовы и угрозы интересам России, включая проблематику

борьбы с современными формами экстремизма и международного терроризма. Новизна исследования – в комплексной оценке и прогнозе развития «мусульманского сегмента» современного полицентричного мира, конфликта между пространственной экспансией традиционного ислама и неолиберального миропорядка, технологий управления массами, рисков региональной дестабилизации и возможностей обеспечения глобальной безопасности (ИАФР РАН).

Публикация:

Фитуни Л.Л. Абрамова И.О. **«Ислам, глобальное управление и новый миропорядок»** – М.: ИАФР РАН, 2018. – 264 с. ISBN 978-5-91298-227-9 (рис. 129).

12. В работе **«Latinoamérica y Rusia. Rutas para la cooperación y el desarrollo»** на основе цивилизационного подхода и с использованием авторского новшества – категории «цивилизационной матрицы» определяются общие параметры и типологические особенности исторической практики стран региона. Современная проблематика общественного развития трактуется в контексте глобального перехода к новому режиму воспроизводства мировой экономики и системы международных отношений. Позитивная мотивация сотрудничества связана, с одной стороны, со сходством и близостью позиций по ключевым вопросам международной повестки, а с другой стороны, с экономической взаимодополняемостью и конкурентоспособностью значительного ряда товаров и услуг, предлагаемых сегодня российскими и латиноамериканскими экспортерами. В книге обоснован выбор наиболее перспективных направлений сотрудничества применительно к современным условиям (ИЛА РАН).

Публикация:

«Latinoamérica y Rusia. Rutas para la cooperación y el desarrollo» Автор чл.корр. РАН, научный руководитель ИЛА РАН В.М. Давыдов. Книга выпущена совместно с авторитетной международной научной организацией Латиноамериканским советом по общественным наукам (CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales) (рис. 129).

13. На основе докладов международной научной конференции институтом Латинской Америки РАН подготовлен и издан сборник статей «Война США против Мексики постфактум. 170 лет спустя». Издание приобретает особую значимость в свете информационного прессинга против России, опирающегося на ложные обвинения в агрессивности Российской Федерации и ее склонности к аннексии. Материалы книги дают убедительные аргументы, дезавуируя «обвинителей», претендующих на непререкаемый морально-политический авторитет. В книге обстоятельно показано, что война США против Мексики в середине XIX века привела к беспрецедентной экспроприации латиноамериканской страны, лишив ее огромных ресурсов и, с другой стороны, обеспечив на основе ограбления Мексики бурный старт североамериканского гегемона. В совокупности с предшествовавшей аннексией Техаса Мексика по итогам войны потеряла 2,4 млн кв. км или 55% национальной территории. Североамериканские поборники «свободы и прогресса» восстановили на оккупированной

территории рабство, отмененное Мексикой еще в 1829 г., и насадили практику массового применения суда Линча. Отсюда следует понимание феномена миграции мексиканцев в США, которая все больше воспринимается ими как возвращение на историческую родину (ИЛА РАН).

Публикация:

Коллективная монография **«Война США против Мексики постфактум. 170 лет спустя»**. (А.Н. Боровков, Е.Р. Ростиславович, Л.Ф. Гранадос Салинас, В.М. Давыдов, Г.А. Дельгадо, А.А. Манухин, Э.А. Сантана, И.В. Селиванова, А.А. Слинько, В.П. Сударев, В.Л. Хейфец, Л.С. Хейфец) (рис. 129).

14. Опубликовано коллективная монография «Европейская аналитика 2018». Книга содержит материалы по наиболее острым проблемам современной Европы: безопасность, выход Британии из ЕС, миграционный кризис и др. Рассмотрены стратегически важные темы, включая функционирование Евразийского экономического союза, Арктического совета. Отдельное внимание уделено противостоянию Европы и США по вопросу «иранской ядерной сделки» и проблеме украинского кризиса (ИЕ РАН).

Публикация:

Коллективная монография **«Европейская аналитика 2018»** / Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Европы Российской академии наук; отв. ред. К. Н. Гусев. – М. ИЕ РАН; СПб.: Нестор-История, 2018. – 168 с. (рис. 129).

15. Эффект воздействия взрывоопасного Ближнего Востока на Европу и Северную Америку (Евро-Атлантику) рассматривают ведущие специалисты из нескольких институтов РАН (ИЕ РАН, ИСК РАН, ИВ РАН), а также Российского государственного гуманитарного университета. Книга **«Евро-Атлантика сегодня: Ближневосточные вызовы»** предназначена для специалистов в области международных отношений, сотрудников государственных учреждений, экспертов, аналитиков, а также для студентов, аспирантов, преподавателей, интересующихся проблемами Ближнего Востока и их влиянием на ситуацию в странах Европы и США (ИЕ РАН).

Публикация:

Евро-Атлантика сегодня: Ближневосточные вызовы / Под ред. А.И. Шуმიлина. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Европы Российской академии наук. М.: Международные отношения. 2018. – 208 с. (рис. 129).

16. Аналитический доклад на английском языке «Россия – Европейский союз: возможен ли выход из тупика?» подготовлен совместно с Королевским институтом международных отношений (Бельгия). В докладе анализируются современное состояние отношений России – ЕС, причины разногласий и потенциал нормализации в условиях опасной разбалансировки международных отношений. Значимость и новизна исследования состоит в изучении новейших тенденций

мировой политики представителями научного сообщества России и ЕС, сфер совместных интересов, перспектив взаимодействия ЕС и ЕАЭС (ИЕ РАН).

Публикация:

Доклад «**The EU – Russia: the way out or the way down?**» / Institute of Europe, Russian Academy of Sciences; Egmont – The Royal Institute for International Relations. Ed. by Olga Potemkina. – М., 2018. – 48 Р. (рис. 129).

17. Впервые в отечественной и зарубежной науке комплексно изучена история Северо-Восточного Китая в начале XXI века. Анализ современного этапа развития региона, где с 2003 года проводилась политика возрождения старопромышленных баз, выявил, что данная политика предполагала не столько модернизацию предприятий, сколько внедрение рыночных принципов и ценностей в хозяйственную жизнь северо-восточных провинций. Ее проведение затруднялось значительными межрегиональными социально-экономическими диспропорциями, которые так и не удалось устранить, стремлением местных элит отложить болезненные реформы или полностью нивелировать их эффект, а также сложностями создания принципиально новой системы социального обеспечения. В регионе удалось сократить государственный сектор в экономике, не допустить расширения безработицы, ускорить создание третичного сектора и коммерциализацию культурной сферы. Определены основные проблемы и особенности развития торгово-экономических и межкультурных связей северо-восточных провинций Китая с дальневосточными регионами России (ИИАЭ ДВО РАН).

Публикация:

Монография «**История Северо-Восточного Китая XVII–XXI вв.**» Книга. 5. **Северо-Восточный Китай в период возрождения старопромышленных баз.** /под общей редакцией члена-корреспондента РАН В.Л. Ларина, ответственный редактор С.А. Иванов. – Владивосток: ИИАЭ ДВО РАН, 2018. 320 с.) (рис. 129).

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Исторические и филологические науки в современном российском обществе развиваются динамично. Однако это нельзя отнести ко всей отечественной гуманитарной науке в целом.

Вузовская гуманитарная наука, за исключением разработок ряда крупных университетов, по существу, остановилась в своем развитии на уровне конца прошлого века. Устаревшие темы, устаревшая методология, устаревшая манера изложения материала – вот что характерно для общего уровня многих российских провинциальных педагогических институтов, ныне ставших университетами.

Между тем, академический сектор гуманитарной науки дает нам достаточно много примеров поступательного движения по ряду направлений гумани-

тарного знания. Так академическими институтами Москвы, Санкт-Петербурга, Сибирского, Уральского и Дальневосточного отделений РАН, а также региональными научными центрами, находящимися под научно-методическим руководством Отделения историко-филологических наук РАН, выпущено около 1000 томов различных книжных публикаций – фундаментальных монографий, сборников статей, архивных материалов, справочных изданий, словарей, академических полных собраний сочинений.

Завершен ряд крупных научных многотомных проектов, с новых методологических позиций освещающих и отдельные актуальные вопросы, и целые периоды в отечественной и зарубежной истории и культуре.

Для академической гуманитарной науки характерна постановка крупных теоретических задач на базе тщательно разработанной фактологической фактуры. В этом плане следует подчеркнуть важность такого направления гуманитарного исторического знания как «человек в повседневности», позволяющего на основе анализа исторической, в том числе бытовой конкретики, сформулировать крупные обобщения историко-теоретического характера.

Следует отметить те проекты, которые в силу привлечения для их реализации больших коллективов высококвалифицированных сотрудников могут быть выполнены исключительно в академических научных центрах с участием специалистов из вузовского сектора науки. К таким проектам следует отнести многотомные «Историю России» и «Историю русской литературы», историю и литературу отдельных стран и регионов.

Одним из важных направлений в деятельности Отделения историко-филологических наук РАН является разработка вопросов методологии гуманитарного знания. Особенно это важно сегодня, когда в сфере методологии расшатываются сами основы научности, когда формационный подход смешивается с цивилизационным, а биографический метод со структурным, когда дилетантизм становится одной из наиболее ярких примет сегодняшней литературы по гуманитарным вопросам. Именно сегодня в области гуманитарных наук как никогда требуются точность и строгость. С этой целью при Отделении был создан научно-методологический семинар «Гуманитарные чтения», где вышеуказанные вопросы обращены, в первую очередь, к научной молодежи.

Методологии гуманитарных исследований была посвящена научная сессия Отделения историко-филологических наук РАН «О стратегических направлениях развития гуманитарных наук», прошедшая в ноябре 2018 года. На сессии было заслушано 13 докладов, где представители различных направлений гуманитарного знания – историки, археологи, этнологи, лингвисты, литературоведы, архивисты, музееведы из институтов РАН и университетов – попытались что называется «заглянуть за горизонт», увидеть перспективы реализации гуманитарного знания на ближайшие десятилетия, наметить те методологические направления, по которым пойдёт развитие отечественной и зарубежной гуманитарной науки.

Перспективное планирование академических исследований в области исторической науки осуществляется по следующим направлениям – комплекс-

ные исследования этногенеза, этнокультурного облика народов, современных этнических процессов, историко-культурного взаимодействия в России и зарубежном мире; изучение исторических истоков терроризма, мониторинг ксенофобии и экстремизма в российском обществе, антропология экстремальных групп и субкультур, анализ комплекса этнических и религиозных факторов в локальных и глобальных процессах прошлого и современности; проблемы теории исторического процесса, обобщение опыта социальных трансформаций и общественный потенциал истории; изучение эволюции человека, обществ и цивилизаций, человек в истории и история повседневности, традиции и инновации в общественном развитии, анализ взаимоотношений власти и общества; исследование государственного развития России и ее места в мировом историческом и культурном процессе; изучение трансформации государств современного Востока, проблем модернизации, опыта инновационного развития, сочетания современных и традиционных элементов в общественной жизни, особенностей политической и экономической эволюции. В 2018 году исполнилось 200 лет со дня основания Азиатского музея, от которого берут начало два крупнейших востоковедных центра страны – Институт востоковедения РАН и Институт восточных рукописей РАН, которые вносят большой вклад в мировую науку.

Важное место в гуманитарных исследованиях занимают работы археологов. Представители академической археологии проводят научные изыскания в широком проблемном хронологическом диапазоне, по возможности охватывающие всё многообразие древних и средневековых культур Евразии. Их исследования ориентированы на реконструкцию целостной картины прошлого по материальным остаткам, на формирование возможно более полных глубоких научных представлений о различных аспектах культурной истории человечества.

Филологические исследования направлены на изучение духовных и эстетических ценностей отечественной и мировой литературы и фольклора; теорию, структуру и историческое развитие языков мира, изучение эволюции, грамматического и лексического строя русского языка, корпусные исследования русского языка, языков народов России.

Научные разработки в области сохранения и изучения историко-культурного наследия: выявление, систематизация, научное описание, реставрация и консервация – являются одними из центральных в деятельности Отделения.

Следует подчеркнуть перспективность междисциплинарных исследований в гуманитарных науках. Актуальными для историков и филологов по-прежнему остаются вопросы популяризации гуманитарного знания, презентации его результатов, а также вопросы научной дипломатии.

Подытоживая вышесказанное, подчеркнем, что в деятельности Отделения историко-филологических наук РАН за последние годы наметилась тенденция к расширению сложившихся представлений о месте и роли академической гуманитарной науки в современной жизни общества. Это представляется особенно актуальным в свете формирующихся в российском обществе запросов на гуманитарную, морально-этическую проблематику.

Важнейшие результаты

В 2018 году академическими институтами Москвы, Санкт-Петербурга, Сибирского, Уральского и Дальневосточного отделений РАН, региональных научных центров, находящимися под научно-методическим руководством Отделения историко-филологических наук РАН, выпущено около 1 000 различных книжных публикаций – фундаментальных монографий, сборников статей, архивных материалов, справочных изданий, словарей, академических полных собраний сочинений (рис. 130). Завершён ряд крупных научных проектов, с новых методологических позиций освещающих актуальные вопросы и ключевые периоды в отечественной и зарубежной истории и культуре. Среди них: шеститомная «Всемирная история», «История Крыма» в двух томах, тома «Татары» и «Евреи» в серии «Народы и культуры», «Летопись жизни и творчества Н.В. Гоголя» в семи томах, десяти томный «Академический словарь башкирского языка» и др.

В этом году исполнилось 200 лет со дня основания Азиатского музея, от которого берут начало два крупнейших востоковедных центра страны – Институт востоковедения РАН и Институт восточных рукописей РАН. В Москве состоялся научный форум «200-летие Института востоковедения Российской академии наук» (27 октября – 2 ноября 2018 г.). В Санкт-Петербурге на базе Института восточных рукописей РАН прошёл международный форум «Россия и Восток. К 200-летию российского академического востоковедения» (27–29 ноября 2018 г.). Участники московского и санкт-петербургского форумов говорили о важном месте востоковедения в современном мире, выдающемся вкладе российских востоковедов в мировую науку.

Методологии гуманитарных исследований была посвящена научная сессия Отделения историко-филологических наук РАН «О стратегических направлениях развития гуманитарных наук», прошедшая в ноябре 2018 года. На сессии было заслушано 13 докладов, где представители различных направлений гуманитарного знания – историки, археологи, этнологи, лингвисты, литературоведы, архивисты, музеологи из институтов РАН и университетов – попытались, что называется «заглянуть за горизонт», увидеть перспективы реализации гуманитарного знания на ближайшие десятилетия, наметить те методологические направления, по которым пойдёт развитие отечественной и зарубежной гуманитарной науки. Мартовская сессия Общего собрания Отделения была посвящена не менее важному вопросу «Языковая ситуация и языковая политика в России и мире». Докладчики поставили задачу рассмотреть и дать прогноз тем сложным ситуациям, которые возникают в России и мире в сфере языковых отношений. Доклады сессий будут опубликованы в очередном томе «Трудов Отделения историко-филологических наук РАН».

В декабре 2018 года Отделение приняло участие в проведении заседания президиума РАН, посвящённого 100-летию со дня рождения А.И. Солженицына. На нём с научным сообщением «Наследие Солженицына как феномен

культуры и объект научного изучения» выступил директор Института мировой литературы имени А.М. Горького РАН профессор РАН В.В. Полонский. В обсуждении доклада участвовали ректор Литературного института имени А.М. Горького д.ф.н. А.Н. Варламов, член-корреспондент РАН В.Е. Багно, директор Государственного музея истории российской литературы имени В.И. Даля профессор Д.П. Бак, директор Дома русского зарубежья имени Александра Солженицына В.А. Москвин, академик РАН Ю.С. Осипов, вице-президент РАН академик РАН Н.А. Макаров. С благодарственными словами в адрес президиума РАН обратилась Н.Д. Солженицына.

В деятельности Отделения историко-филологических наук РАН за последние годы наметилась тенденция к расширению сложившихся представлений о месте и роли академической гуманитарной науки в современной жизни общества. При этом следует отметить, что в сферу интересов современного россиянина входят не только «крымская проблематика» или этнологические этюды о народах Российской Федерации, но и новые подходы к проблемам мирового исторического процесса и историко-биографическая канва жизни и творчества классиков российской литературы.

Завершён шеститомный труд «Всемирная история» (гл. ред. академик РАН А.О. Чубарьян. М., 2011–2018), который стал важным этапом в современной российской историографии по созданию глобальной истории. Авторами с новых методологических позиций рассмотрены узловые вопросы мирового исторического процесса от истории возникновения человека и общества до современности (ИВИ РАН).

Коллективная монография «История Крыма» в двух томах (отв. ред. А.В. Юрасов. М., 2018) представляет собой обобщающее исследование по истории Крыма от его первоначального заселения человеком до возвращения в состав России в 2014 г. Авторы рассматривают прошлое Крымского полуострова в контексте исторического развития Восточной Европы и России (ИРИ РАН, ИА РАН, Институт археологии Крыма РАН, МГУ имени М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский государственный университет, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Центральный музей Тавриды и др.).

В серии «Народы и культуры» (гл. ред. академик РАН В.А. Тишков) вышли 2 тома. Том «Евреи» (отв. ред. Т.Г. Емельяненко, Е.Э. Носенко-Штейн. М., 2018) представляет собой фундаментальный академический труд по истории и культуре евреев. Соответствующие разделы книги посвящены различным аспектам этнической культуры и наследия этого народа. Том «Цыгане» (отв. ред. Н.Г. Деметер, А.В. Черных. М., 2018) – масштабный и разносторонний труд по этнологии цыган. Авторами издания поставлена задача обобщающего исследования этнологии цыган с позиций современной исторической и этнологической науки, отражения культуры народа (ИЭА РАН).

И.А. Виноградовым подготовлена «Летопись жизни и творчества Н.В. Гоголя (1809–1852)» (М., 2018). Впервые издаваемый семитомный систематический летописный свод жизни и творчества Н.В. Гоголя охватывает все периоды творческой биографии художника. В работе использованы мемуарные, эписто-

лярные, дневниковые материалы, документальные архивные свидетельства. Издание носит энциклопедический характер. Оно включает в себя историко-биографический материал по изучению наследия Гоголя, накопленный более чем за полтора столетия (ИМЛИ РАН).

Завершён двухтомный труд «Константин Федин и его современники: Из литературного наследия XX века» (отв.ред. чл.-к. РАН Н.В. Корниенко. М., 2016–2018). Публикуемые материалы, комментарии и аналитические статьи-обзоры воссоздают историко-литературную картину эпохи 1920–1960-х гг., творческие взаимоотношения писателей и деятелей культуры советского периода, по-новому освещают историю создания и бытования выдающихся произведений русской литературы XX века (ИМЛИ РАН).

Коллективная монография «Языковые контакты в Африке» (отв. ред. А.Б. Шлуинский. М., 2018) завершает семитомную серию «Основы африканского языкознания». Рассматривается проблематика языковых контактов в Африке: общая перспектива и история взаимовлияний языков на африканском континенте, место контактных явлений в сравнительно-историческом языкознании, контакты родственных языков (на материале языков банту и языков манде), в том числе приводящие к возникновению идиома *lingua franca* (на примере лингала), ареальный фактор в морфосинтаксисе (на примере языков ква и гур) (ИЯз РАН).

Монография О.Г. Агеевой «Императорский двор России эпохи Павла I» (М., 2018) посвящена императорскому двору России 1796–1801 гг. На основе архивных источников дворцовых фондов, а также мемуарных сочинений и придворных журналов обстоятельно освещены вопросы деятельности императора в первые месяцы после прихода к власти. В работе проанализированы массовые штатные увольнения 1797 г., новый состав должностей, чинов и служителей двора, персоналии глав ведомства (ИРИ РАН).

В монографии М.Б. Свердлова «История России в трудах Н.М. Карамзина» (СПб., 2018) исследован процесс становления Н.М. Карамзина как историка, дана оценка отечественной истории в контексте его биографии (СПБНИ РАН).

В книге Т.Н. Илюшечкиной «Литературная история «Описания Сибири» Никифора Венюкова в рукописной книжной традиции XVII–XVIII веков (Новосибирск, 2018) впервые представлена новая концепция литературной истории «Описания Сибири», построенная на единстве русской и европейской рукописно-книжной традиции XVII–XVIII вв. и контекста сочинения в сборниках. Определена динамика бытования сочинения от исторической повести «О взятии Сибири Ермаком» до собственно «Описания Сибири». Доказано, что выявление генетических связей списков сочинения невозможно без текстологического исследования сборников и комплексного подхода к изучению произведения в составе сборников (рис. 131) (ГПНТБ СО РАН)

В монографии Е.Г. Неклюдова «Горная реформа в России второй половины XIX – начала XX в.: от замысла к реализации» (СПб., 2018) дан анализ малоизвестной горной реформы, которая входила в серию Великих реформ царствования Александра II (ИИиА УрО РАН).

Трехтомное издание «Восточный Туркестан и Монголия. История изучения в конце XIX – первой трети XX веков» (под ред. чл.-корр. РАН М.Д. Бухарина. М., 2018) включает ранее не публиковавшиеся архивные документы по истории археологического, лингвистического, экономического, геологического исследования территории Восточного Туркестана (Синьцзян) силами российских и немецких экспедиций. Публикация вводит в научный оборот документы по истории внешней политике России, противостоянию с Великобританией в Центральной Азии и Северо-Западном Китае. Рассматриваются важные аспекты развития российской академической исторической науки (ИВИ РАН).

Выпуск Лексического атласа русских народных говоров «Растительный мир» (М. – СПб., 2018) является первым в тематической серии «Природа». Том содержит карты, комментарии и диалектные материалы, собранные в полевых условиях на обширной территории европейской части России до Урала. Представлены разные типы карт – лексические, лексико-словообразовательные, словообразовательные, семантические, мотивационные, номинативные (ИСл РАН).

Книга академика РАН В.В. Наумкина «Несостоявшееся партнерство: Советская дипломатия в Саудовской Аравии между мировыми войнами» (М., 2018) представляет собой первое в отечественной научной литературе исследование деятельности российских дипломатов в королевстве Хиджаз/Саудовская Аравия в 1920–1930-е гг. – со времени установления официальных отношений и до закрытия советского представительства. Используются документы из российских и британских архивов, большая часть которых впервые вводится в научный оборот (ИБ РАН).

Проведено комплексное изучение древнейших в Евразии персональных украшений и костяных орудий ранней и развитой стадий верхнего палеолита из пещер Денисова и Страшная в Горном Алтае (рис. 132). В результате исследований (авторы – академик РАН А.П. Деревянко, чл.-к. РАН М.В. Шуньков., профессор РАН А.И. Кривошапкин, проф. РАН К.А. Колобова, М.Б. Козликин, С.В. Шнайдер и др.) реконструированы основные этапы изготовления этих уникальных предметов, датированных возрастом от 50 до 26 тыс. лет назад. Этапы обработки изделий включали инновационные для палеолитической эпохи приемы: строгание, шлифовку, последовательное двустороннее прорезание отверстий, отделочную полировку. Установлено, что обработка кости осуществлялась непосредственно на долговременных стоянках в пещерах (ИАЭТ СО РАН).

Коллективная монография «Городище Немиров на реке Южный Буг. По материалам раскопок в XX веке из коллекций Государственного Эрмитажа и Научного архива ИИМК РАН» (Г.И. Смирнова, М.Ю. Вахтина, М.Т. Кашуба, Е.Г. Старкова. СПб., 2018) подытоживает результаты многолетних исследований Немировского городища и имеет принципиальное значение для дальнейших исследований материальной культуры Северного Причерноморья и контактов местного населения с греками-колонистами в раннем железном веке (ИИМК РАН, Государственный Эрмитаж).

Крымская экспедиция Института археологии РАН (рук. С.Ю. Внуков) исследовала могильник Фронтное 3, обнаруженный в ходе разведок весной 2018 года в зоне строительства трассы «Таврида» (рис. 133, 134). Памятник площадью 15 000 кв. м расположен в Севастополе и является единственным некрополем в регионе, исследованным на современном методическом уровне. Раскопанный некрополь второй половины I – рубежа IV–V вв. н.э. характеризует широкие культурно-экономические связи региона в этот период и может считаться эталонным для изучения многих сторон истории древнего населения Крыма (ИА РАН).

Книга члена-корреспондента РАН А.В. Головнёва, Д.А. Куканова, Е.В. Переваловой «Арктика: атлас кочевых технологий» (СПб., 2018) представляет кочевые технологии оленеводов Чукотки, Ямала, Кольского полуострова в их сложности и многомерности – от пространственно-временного дизайна кочевий на просторах тундры до особых качеств оленьего меха (рис. 135). Авторы создают композицию северного этнодизайна, сочетающего традиции кочевников Арктики и новейшие методы визуальной записи (аэросъемка, трек-навигация, трехмерное моделирование). Визуальные композиции сопровождаются текстовыми эссе, в которых обосновываются и иллюстрируются принципы кочевых технологий: слитное пространство время, кочевой трансформер, техноанимация, эффект движения, вещный минимализм, мобильный модуль, северная эстетика (Музей антропологии и этнографии имени Петра Великого (Кунсткамера) РАН).

Былины Заонежья (сост. В.П. Кузнецова, Е.В. Марковская, А.С. Лызлова. Петрозаводск, 2018). На территории Заонежья произошло открытие русского эпоса П.Н. Рыбниковым в 60-е годы XIX века. Здесь были записаны классические образцы былин от таких мастеров-сказителей как Т.Г. Рябинин, К.И. Романов, В.П. Щеголенок и др. В настоящее издание включены 82 былины, записанные от представителей последнего поколения заонежских сказителей в 1932–1956 гг. Книга снабжена нотами былинных напевов, зафиксированных в 1940–1941 гг. на гибкие грампластинки, а также историческими фотографиями, биографическими статьями о сказителях. В комментариях к текстам раскрываются особенности содержания каждой былины и их исполнения. Сохранены все орфоэпические особенности заонежского говора (ИЯЛИ КарНЦ РАН).

«Летопись Ш.-Н. Хобитуева как памятник письменной культуры бурят» (подг. Л.Б. Бадмаевой, Г.Н. Очировой. Улан-Удэ, 2018) является ценным историческим документом, который содержит материалы по дореволюционной истории Бурятии, и лингвистическим источником, свидетельствующим об уровне письменной культуры бурят. Летопись даёт возможность для изучения истории бурятского языка и функционирования старомонгольской письменности в регионах монгольского мира (ИМБТ СО РАН).

Монография В.Т. Тепкеева «Аюка-хан и его время» (Элиста, 2018) посвящена истории Калмыцкого ханства в составе Российской империи в период правления Аюки-хана, при котором ханство достигло наивысшего расцвета

и играло заметную роль в международных делах в Восточной Европе и Центральной Азии. Впервые в историографии на основе новых источников проведено исследование истории волжских калмыков последней трети XVII века и первой четверти XVIII века. Подробно освещены политические события в Калмыцком ханстве, показана роль калмыков в период Астраханского, Булавинского и башкирских восстаний в начале XVIII века, освещена роль калмыков в кавказской политике России, раскрыто влияние на политику калмыцкого хана процесса административного освоения Россией южного региона и оформления губернского правления в Астрахани (Калмыцкий НЦ РАН).

В книге Ж.М. Юши «Фольклор и обряд тувинцев Китая в начале XXI века: структура, семантика, прагматика» (Новосибирск, 2018) в научный оборот введены фольклорно-этнографические и исторические материалы, характеризующие традиционную культуру тувинцев Китая, описан родоплеменной состав китайских тувинцев, проанализирована этноязыковая ситуация, проведена систематизация и классификация фольклорных произведений, рассмотрена система фольклорных жанров, проанализирована семантика семейных и календарных обрядов (ИФЛ СО РАН).

В монографии З.В. Кануковой «Традиция в современном осетинском обществе» (Владикавказ, 2018) исследовано функционально-смысловое содержание материальных, социальных и духовных объектов традиционной культуры осетин, имеющих достаточный уровень востребованности в современном обществе. Пересмотрены некоторые толкования элементов традиционной культуры. Определены объекты традиционной культуры, имеющие инновационные ресурсы. Выявленные этнокультурные бренды могут быть использованы в разработке маркетинговой стратегии региона (СОИГСИ ВНЦ РАН).

Вышел восьмой том (Кн.2) «Свода русского фольклора. Былины в 25 т.» – «Былины Зимнего берега Белого моря» (ИРЛИ РАН). Опубликовано 34-й том «Несказочная проза хакасов» академической серии «Памятники фольклора народов Сибири и Дальнего Востока». Издание включает малоизвестные в мировой культуре образцы мифов, легенд и преданий. Впервые публикуются тексты на четырех диалектах хакасского языка: сагайском, качинском, кызыльском и шорском (ИФЛ СО РАН).

Подготовка академических полных собраний сочинений классиков отечественной литературы является одним из приоритетных направлений деятельности литературоведов. Опубликовано: Аксаков К.С. Собрание сочинений: в 9 т. Т. 1: Художественные произведения, Т. 2: Исторические сочинения; Толстой А.К. Полное собрание сочинений и писем: в 5 т. Т. 3; Тургенев И.С. Полное собрание сочинений и писем: в 30 т. Письма: в 18 т. Т. 16, кн. 2; Аксаков И.С. Собрание сочинений: в 12 т. Т. 2: Славянофильство и западничество; Леонтьев К.Н. Полное собрание сочинений и писем: в 12 т. Т. 11, кн. 1: Письма 1853–1875 годов; М. Горький. Полное собрание сочинений. Письма: в 24 т. Т. 20. Август 1930 – ноябрь 1931; Ремизов А.М. Полное собрание сочинений. Т. 14. Звезда надзвездная; Андрей Белый. Собрание сочинений. Между двух революций (ИМЛИ РАН, ИРЛИ РАН).

Продолжалась работа по составлению академических словарей русского языка, языков народов Российской Федерации, зарубежных стран. Вышли из печати: ак. РАН А.Е. Аникин «Русский этимологический словарь», вып. 12; «Этимологический словарь славянских языков. Праславянский лексический фонд», вып. 41; «Большой русско-кабардино-черкесский словарь»; «Лакско-русский словарь»; «Осетинско-русский словарь», Т. 3; «Ногайско-русский словарь». Завершена работа над изданием «Большого толкового словаря якутского языка» в 15 тт., «Академического словаря башкирского языка» в 10 тт., «Этимологического словаря монгольских языков» в 3 тт. (ИРЯ РАН, ИЯз РАН, ИВ РАН, ИЯЛИ КарНЦ РАН, ИИЯЛ УФИЦ РАН, ИЯЛИ ДНЦ РАН, ИГИ КБНЦ РАН, СОИГСИ ВНЦ РАН, ИФЛ СО РАН, ИГИиПМНС СО РАН).

Опубликованы «Acta Linguistica Petropolitana. Труды Института лингвистических исследований РАН». Т. 14. Ч. 1–3; и «Индоевропейское языкознание и классическая филология – XXII» (ИЛИ РАН).

Pushkin Digital – проект цифрового академического издания сочинений А. С. Пушкина, находится по адресу <https://pushkin-digital.ru/>. Это пушкинский текст с обширным историко-литературным комментарием, мультимедийная энциклопедия произведения, содержащая тысячи внешних ссылок, сотни книг и статей, а также десятки листов пушкинских рукописей, снабженных расшифровкой, позволяющей проследить ход творческой работы поэта. Новый способ представления филологического знания в виде многофункционального диджитал ресурса делает академическую науку доступной широкому кругу читателей и дает новые инструменты профессионалу. В основу проекта положены материалы академического полного собрания сочинений Пушкина, подготовленные В.Е. Багно, М.Н. Виролайнен и А.А. Долининым (ИРЛИ РАН).

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Государственная научно-техническая политика в сфере сельскохозяйственных наук в Российской Федерации направлена на реализацию Указа Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 года №350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» и реализацию приоритетных направлений развития сельского хозяйства, определенных Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года №642.

Научные исследования, направленные на реализацию этих приоритетных направлений в интересах развития сельского хозяйства в комплексе фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в 2018 г., проводились по шести основным направлениям: экономика, земельные отношения и социальное развитие села; земледелие, мелиорация, водное и лесное хозяйство; растениеводство, защита и биотехнология растений; зоотехния и ветеринария; механи-

зация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства; хранение и переработка сельскохозяйственной продукции.

Анализ выполнения научных исследований показал, что по ряду направлений фундаментальной сельскохозяйственной науки исследования, проводимые российскими учеными, находятся на мировом уровне. Это комплексные фундаментальные и прикладные исследования, направленные на создание новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, пород, типов и кроссов животных, птицы, рыб и насекомых, разработку технологий, технологических систем и процессов производства сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки, новых видов удобрений, био-, хим-, ветпрепаратов, продуктов питания.

В области экономики, земельных отношений и социального развития села

В условиях глобализации мирового сообщества для эффективного развития агропромышленного комплекса Российской Федерации наибольшую значимость приобретает глубокое изучение интеграционных процессов в мировой экономике с разработкой современной теории и принципов развития агропромышленного комплекса страны, исследования проблем управления земельными ресурсами сельскохозяйственного назначения, разработка новой парадигмы устойчивого развития сельских территорий.

Результаты исследований, выполненных учеными Отделения сельскохозяйственной наук РАН в 2018 г., позволили разработать научную продукцию, к важнейшей из которой относятся:

- научно-обоснованные принципы и механизмы перехода от импортной зависимости к экспортно-ориентированной экономике в отечественном аграрном секторе, учитывающие влияние внутренних и внешних факторов функционирования отрасли в целях решения задачи по наращиванию экспортного потенциала и повышения роли и места страны на мировом агропродовольственном рынке (ФНЦ ВНИИЭСХ);

- теоретические основы управляемого социально-экономического развития сельского хозяйства в условиях воздействия глобальных процессов на структуру и функции органов регулирования хозяйственной деятельностью в сельхозпроизводстве (ВНИИЭиН);

- концептуальные основы землепользования с учетом вовлечения новых земельных ресурсов в сельскохозяйственный оборот и их рационального использования (ФНЦ ВНИИЭСХ);

- методология и организационно-экономические механизмы регионального регулирования социального развития сельских территорий, обеспечивающие сокращение глубоких межрегиональных различий, сокращение зон депрессии и обезлюдения, способствующие динамичному, устойчивому развитию сельских территорий и выполнению селом его производственной и других общенациональных функций (ФНЦ ВНИИЭСХ);

- концептуальные основы ценообразования и формирования ценовых отношений в агропромышленном комплексе и рекомендации по их совершенствованию в условиях интеграции страны в Евразийский экономический союз (ФНЦ ВНИИЭСХ);

– научные основы развития и функционирования агропродовольственного рынка с учетом эффективного использования ресурсного потенциала Сибири, позволяющие сформировать современные рыночные хозяйственные структуры, усовершенствовать функции органов управления и повысить эффективность межрегиональных продовольственных связей (СФНЦА РАН).

К разработкам мирового уровня относятся:

– организационно-экономический механизм формирования инновационной инфраструктуры в аграрном секторе экономики в условиях интеграции России в ЕАЭС, позволяющий повысить технико-технологическое обновление агропромышленного производства, ускорить освоение инновационных проектов в сфере АПК (ФНЦ ВНИИЭСХ);

– стратегия региональной интеграции для аграрных секторов государств ЕАЭС, способствующая реализации целостной политики в вопросах формирования и регулирования общего аграрного рынка за счет устранения неоправданных барьеров во взаимной торговле и других сферах торгово-экономического содружества государств ЕАЭС (ФНЦ ВНИИЭСХ).

По направлению земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства представляют наибольший интерес исследования, направленные на решение проблем сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, естественной и антропогенной трансформации почв в различных природно-климатических зонах России, эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов, создания и эксплуатации оросительных и осушительных систем нового поколения, а также разработки агролесомелиоративных и лесохозяйственных комплексов в условиях глобальных изменений климата.

По результатам исследований в 2018 году с использованием научного задела прошлых лет разработаны:

– информационный ресурс качества почв для кадастровой оценки земель сельскохозяйственных угодий России с применением современных цифровых технологий (Почвенный институт им. В.В. Докучаева);

– методология оценки агроэкологических рисков, обусловленных последствиями техногенных чрезвычайных ситуаций, и система реагирования на аварийные ситуации на радиационно-опасных объектах, соответствующая международной системе ФАО и ВОЗ (ВНИИРАЭ);

– научные основы совершенствования технологий возделывания пшеницы, обеспечивающих эффективное использование почвенно-климатических ресурсов, средств интенсификации земледелия и реализацию биологического потенциала новых отечественных сортов озимой и яровой пшеницы, для получения высоких урожаев с хорошими показателями качества зерна (ВНИИ агрохимии);

– технология применения новых экологически чистых твердофазных биосредств с протекторными свойствами, полученных ферментацией отходов животноводства и другого органического сырья, с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур и сохранения почвенного плодородия (ВНИИМЗ);

– информационная технология управления продукционным процессом агроценоза на основе спутниковых данных Landsat-8 и наземной калибровки параметров водного, теплового и пищевого режимов почв и растений для прогнозирования урожая и мониторинга влагообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур (АФИ);

– информационно-аналитическая система поддержки принятия решений с использованием современных цифровых технологий, предназначенная для определения научных, проектных и производственных задач и мелиоративных мероприятий по восстановлению деградированных земель (ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова).

К разработкам мирового уровня относятся:

– методология обработки семян бобовых растений полимерами-пленкообразователями, адъювантами, поверхностно-активными веществами и эмульгаторами для снижения токсичного действия протравителей (ВНИИСХМ).

По направлению растениеводства, защиты и биотехнологии растений продолжают исследования по повышению урожайности сельскохозяйственных культур и качества производимой продукции.

По результатам исследований в 2018 году, с использованием научного задела прошлых лет, разработаны:

– сохранен и пополнен генофонд мировых растительных ресурсов культурных растений и их диких родичей в количестве 324 745 образцов (ФИЦ ВИР);

– новый метод получения исходного селекционного материала кукурузы с широким диапазоном изменчивости селекционно-ценных признаков; получен уникальный, не имеющий аналогов в мировой практике, материал редиплоидной кукурузы (ФИЦ ВИР);

– методика выполнения измерений (МВИ) инструментального определения массовой доли олеиновой кислоты в масле семян подсолнечника на основе импульсного метода ядерного магнитного резонанса (ЯМР) (ФНЦ ВНИИМК);

– метод идентификации совместимости привойно-подвойных комбинаций по морфолого-биохимическим показателям листа (ВСТИСП);

– методы синтеза флуоресцентных красителей с более высокими показателями свечения по сравнению со стандартными флуоресцентными красителями (ВНИИСБ);

– впервые оптимизированы элементы технологии получения удвоенных гаплоидов в культуре неопыленных семян кабачка (ФНЦ овощеводства);

– методика рекуррентной регенерации и автоселекции *in vitro* сои с использованием нанобиокомпозитов и новых регуляторов роста, ускоряющая в 1,3–1,5 раза процесс создания новых высокопродуктивных генотипов, устойчивых к абиотическим и биотическим факторам среды (СФНЦА РАН);

– системы интегрированной защиты продовольственных посевов озимой пшеницы и сои от сорной растительности и болезней (ВНИИБЗР);

– системы биологической защиты яблони, озимой пшеницы и сои от вредителей для технологий органического земледелия (ВНИИБЗР);

– два грибных биопрепарата (миколар-В и миколар-М), эффективные в борьбе с саранчовыми (итальянский прус, мароккская саранча, азиатская саранча), при использовании их в засушливых условиях степей гибель саранчи в течение 2 недель достигает 80–90% (ВИЗР);

– методология совершенствования генетического разнообразия и сортимен-та винограда на основе моделирования нового генотипа (ВНИИВиВ «Магара-ч» РАН);

– сорт озимой мягкой пшеницы Школа – среднеранний, зимоморозостой-кий, засухоустойчивый. Урожайность 11–12 т/га, зерновка красная, крупная, масса 1000 зерен 42–45 г. По технологическим и хлебопекарным качествам относится к «сильным» пшеницам. Среднее содержание белка 14,5%, клейко-вины 28,2%, объемный выход хлеба 843 см, общая хлебопекарная оценка 4,6 баллов. Сорт устойчив к пыльной головне, бурой ржавчине, мучнистой росе, в средней степени восприимчив к септориозу, к твердой головне и фузариозу (НЦЗ им. П.П. Лукьяненко);

– сорт озимой ржи Московская 18 – средняя урожайность 6,5–7,0 т/га, плюс 9–10% к стандарту, зерно крупное – масса 1000 зёрен 34 г, имеет хорошие тех-нологические и хлебопекарные качества зерна. Показатель «число падения» в среднем 205 с, что выше стандарта на 16 с., содержание белка и крахмала в зерне соответственно 11,5 и 55,7%; предназначен для возделывания в областях Центрального, Волго-Вятского, Средне-Волжского и Центрально-Черноземно-го регионов Российской Федерации (ФИЦ «Немчиновка»);

– сорт ярового тритикале Тимур – среднеспелый, среднерослый, пластич-ный, устойчивый к полеганию, засухоустойчивый. Обладает высокой интен-сивностью начального роста. Высокоустойчив к желтой ржавчине и септориозу. Продуктивность зерна 10–11 т/га. Предназначен для производства фуражного и продовольственного зерна (НЦЗ им. П.П. Лукьяненко);

– гибрид подсолнечника Имми – простой межлинейный, среднеранний, об-ладает высокой экологической пластичностью, устойчивый к болезням (расы А-Е) и ложной мучнистой росе (расы 330, 710, 730), толерантный к фомопсису. Предназначен для возделывания по производственной системе Clearfield (гер-бицидоустойчивый), высокоурожайный – 3–4 т/га, содержание масла в семенах 48% (ФНЦ ВНИИМК);

– гибрид сахарной свеклы Фрегат – генетически однострочковый диплоидный на стерильной основе, урожайно-сахаристого направления, пригоден для сред-них и поздних сроков уборки, вегетационный период 150–160 дней. Средняя урожайность за годы испытаний составила 65,3 т/га, плюс 24% к стандарту, по-тенциальная – 74 т/га. Сахаристость – в сортоиспытании 19,9%, сбор сахара 10,8 т/га, плюс 19% к стандарту. Среднеустойчив к церкоспорозу, устойчив к цветуш-ности, слабо поражается корневом и корневыми гнилями. Форма корнеплода овально-коническая, погруженность в почву – 70–80% (Первомайская ОСС);

– сорт картофеля Ариэль – среднеранний, столового назначения. Клубни светло-бежевые, овальной формы. Кожа гладкая, глазки мелкие, мякоть клубня кремовая. Потенциальная урожайность 60–70 т/га, крупноклубневый и

высокоурожайный, содержание крахмала 16,0–18,0%, масса товарного клубня 150–180 г. Клубни отличаются высокой товарностью и лёжкостью в период зимнего хранения. Сорт устойчив к раку и золотистой цистообразующей картофельной нематоде.

К разработкам мирового уровня относятся:

– технология широкомасштабного анализа аллельного состояния членов устойчивости к пирикулярриозу риса Pi-ta и Pi-b на основе определения нуклеотидных полиморфизмов методом ПЦР в реальном времени. Технология одно-временного определения маркеров генов устойчивости к пирикулярриозу риса Pi1, Pi2, Pi33 методом фрагментарного анализа с использованием капиллярного электрофореза (ВНИИСБ);

– среднеспелый сорт сои ВНИИС-18 с периодом вегетации 108–112 дней, предназначен для зоны с суммой активных температур 1900–2600°C. Потенциальная урожайность 4,21 т/га, содержание в семенах белка – 40,2%, жира – 19,7%. Сорт устойчив к переувлажнению (ВНИИ сои).

По направлению зоотехнии и ветеринарии продолжены исследования по важнейшим, для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации, задачам создания новых селекционных форм в животноводстве; усовершенствование традиционных пород, способных обеспечить импортозамещение генетических ресурсов животных, необходимых для интенсификации производства мясной и молочной продукции; разрабатывается методика управления метаболизмом в организме животных для прижизненного формирования функциональных свойств продукции, создания эффективной системы охраны здоровья животных и производства безопасной животноводческой продукции.

Результаты фундаментальных исследований, проведенных в 2018 году, позволили создать:

– породу медоносных пчел Дальневосточная. Создана на основе скрещивания украинской и среднерусской породы, отличается высокой медовой и восковой продуктивностью, превышая показатели исходной популяции на 25% и 30% соответственно. Обладают хорошей сопротивляемостью к европейскому и американскому гнильцу (ФНЦА Дальнего Востока им. А.К. Чайки),

– породу овец Артлухский меринос, мясошерстного направления продуктивности, адаптированную для горно-отгонного разведения в предгорной зоне Республики Дагестан. Выведена путем скрещивания маток дагестанской горной породы с производителями ставропольский меринос и манычский меринос. Тонина мериносовой шерсти 21–23 мкм, с настригом мытой шерсти от 2 до 5 кг, естественной длиной шерсти 9,4–10,4 см. Вес животных в 5-месячном возрасте – 37 кг, среднесуточный привес 200–220 г, выход мяса туши 44,2%. Плодовитость маток 123–135 ягнят на 100 маток (ФАНЦ Республики Дагестан);

– трёхпородный кросс кур ВНИИГРЖ ФБ 1, мясного направления продуктивности (брама Х суссекс Х корниш). Характеризуется высокой живой массой бройлеров: в 9 недель жизни – 2 520–2 530 г, хорошей мясной скороспелостью.

Выход грудных и ножных мышц – 35–37%. Выход грудных мышц от массы потрошенной тушки составляет 22,7–23,4%. Содержание протеина в мясе грудных мышц – 23–24%. Птица отличается высокой приспособленностью к климатическим и технологическим условиям содержания в фермерских и приусадебных хозяйствах (ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста);

разработать:

- тест-систему для выявления генома вируса заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота методом полимеразной цепной реакции в реальном времени, позволяет выявлять исключительно геном вируса заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота и дифференцировать его от геномов вирусов оспы овец и коз. Основана на амплификации фрагмента гена LSDV 129 вируса (детекция продуктов амплификации осуществляется методом регистрации флуоресценции). Аналитическая чувствительность тест-системы составляет $1,0 \pm 0,03 \lg \text{ТЦД}_{50}/\text{см}^3$ (ФИЦВиМ);

- методику создания аутосексных популяций кур на основе генофондных стад с использованием генетических маркеров. Точность сексирования до 96% (ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста);

- метод оценки репродуктивного потенциала коров-первотелок голштинской породы со средней молочной продуктивностью на основе системного анализа их метаболического статуса в послеродовой период, включающий определение ряда гормональных и биохимических показателей крови через 1, 3, 5 и 7 недель лактации (ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста);

- тест-систему для выявления антител к вирусу гепатита утят типа I в сыворотке крови методом иммуноферментного анализа. Предназначена для проведения ретроспективной диагностики и контроля уровня поствакцинального иммунитета при данной болезни (ВНИВИП-филиал ФНЦ ВНИТИПРАН);

- штамм «ГС-11» вируса инфекционного бронхита кур, обладающий высокой биологической, антигенной и иммуногенной активностью. Пригоден для использования в производстве высокоиммуногенных инактивированных сорбированных и эмульгированных вакцин, а также диагностических целей. Патент № 2658351 (ФНЦ ВНИТИП РАН).

К разработкам мирового уровня относятся:

- генно-инженерная конструкция (для интеграции к ДНК лактоферрина человека) на основе системы CRISPR/Cas9, позволяющая интегрировать трансген по принципу гомологичной рекомбинации в геном крупного рогатого скота с нокаутом собственного гена р-лактоглобулина (ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста);

- штамм бактерий *escherichia coli* krx pet32b/asfv/p30-продуцент химерного рекомбинантного белка р30 вируса африканской чумы свиней. Позволяет получать электрофоретически и иммунохимически чистый антигенно активный химерный рекомбинантный белок р30, который может быть использован в тест-системах, предназначенных для серодиагностики африканской чумы сви-

ней, в частности, методом иммуноблоттинга. Патент № 2647573 (ФИЦВиМ).

По направлению механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства важное значение приобрели работы по исследованию процессов энергообеспечения, энергоресурсосбережения и возобновляемых источников энергии, а также разработки интенсивных машинных технологий и робототехники.

Результаты фундаментальных исследований, проведенных в 2018 году, с использованием наработок предыдущих лет позволили разработать:

- автономную платформу SkyWatch, предназначенную для бесперебойного обслуживания в автономной режиме серийных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) во время мониторинга селекционных полей (ФНАЦ ВИМ);

- универсальный электродуговой металлизатор нового поколения «Дракон», предназначенный для создания топокомпозиционных покрытий в машиностроении, в том числе и при производстве сельскохозяйственной техники (ФНАЦ ВИМ);

- многофункциональный измельчитель-смеситель раздатчик кормов МИР–10, предназначенный для производства высококачественных кормов и обслуживания фермы с поголовьем 200–800 голов КРС (ФНАЦ ВИМ);

- универсальный зерноочистительно-сушильный комплекс ЗСК–400, предназначенный для послеуборочной обработки зерна и семян с форсированным режимом работы решетных станков и двумя независимыми системами воздушной очистки. Обеспечивает многослойную инверсию зерновых потоков, реверсию вектора сушильного агента и использование в технологическом процессе теплоты охлаждающегося зерна, а также частичную рециркуляцию отработанного агента суши. Производительность комплекса ЗСК–400 на сухом зерне до 40 т/ч, на влажном зерне – 20 т/ч, на очистке семян – 7 т/ч. Суточная производительность комплекса до 400 т, сезонный объем работ 6000–8000 т (СибИМЭ СФНЦА РАН);

- плуг роторный ПР–2,4М предназначен для основной обработки почвы с одновременной заделкой органической массы (сидеральные растения, сорняки и пожнивные остатки), находящейся на поверхности поля. Обеспечивает измельчение растений с их одновременной заделкой в почву на необходимую глубину, способствуя повышению почвенного плодородия. Почвоуглубители устраняют локальное переуплотнение почвы в местах прохода колес трактора и способствуют прямолинейности движения агрегата (ФГБНУ ДальНИИМЭСХ);

- теория и методика интегральной оценки энергоэкологичности светокультуры по флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков, обеспечивающей повышение эффективности продукционного процесса овощных культур (томата и огурца) на 10–15% (ФНАЦ ВИМ);

- система инновационных машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельского хозяйства для производства основных групп продовольствия, реализация которой увеличивает производительность труда в среднем на 15%.

К разработкам мирового уровня относятся:

- технология дифференцированного локального внесения средств защиты растений и минеральных удобрений беспилотными летательными аппаратами, обеспечивающая сокращение затрат по выполнению операций до 20%. Патенты №2590758, 2589801, 2600968, 2617163, 2622617 (ФНАЦ ВИМ);

- беспилотные робототехнические мобильные энергосредства для использования в технологических операциях при химической обработке растений и обеспечивающие снижение вредного воздействия химикатов на человека (ФНАЦ ВИМ).

По направлению хранения и переработки сельскохозяйственной продукции приоритетное значение приобрело продолжение разработки интегрального контроля производства сельскохозяйственного сырья и продуктов питания, предназначенные для управления безопасностью и качеством пищевых продуктов, создания инновационных технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья, разработки процессов и технологий пищевых ингредиентов, композиций, белковых концентратов функциональной направленности, основ управления процессами хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов.

Фундаментальные исследования, проведенные в 2018 году с использованием разработок предыдущих лет, позволили разработать:

- методологию управления мукомольными и крупяными свойствами зернового сырья при его переработке для получения продуктов питания на зерновой основе заданного состава и свойств (ВНИИЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

- экспресс-методику определения амфениколов и пенициллинов в мясе и мясных продуктах, аминокислотного состава животного белка методом ВЭЖХ, анизидинового числа, акриламида, позволяющую определять компонентный состав пищевой продукции на основе мясного сырья для создания комплексной системы обеспечения безопасности продуктов (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

- метод и современные компьютеризированные средства online контроля процесса гелеобразования, обеспечивающие достоверный прогноз реологических свойств молочного сгустка и определение его готовности к разрезке. Патент №2662971 (ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

- технологию термопластичного кукурузного крахмала для производства биоразрушаемых гибридных композиций и полимерных пленок технического назначения. Патент №2645677 (ВНИИК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

- математическую модель процесса измельчения блоков замороженного мяса многолезвийным инструментом для цифрового моделирования в вычислительной среде MATLAB – Simulink с применением современной технологии визуально-ориентированного программирования и алгоритм управления автоматической линией по производству мясопродуктов с применением фрезерного измельчителя (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

– методику определения летучих органических примесей в зерновых дистиллятах и спиртных напитках, полученных из данных дистиллятов с применением метода газовой хроматографии, позволяющую упростить процедуру анализа и обеспечить выявление фальсифицированной алкогольной продукции (ВНИИПБТ – филиал ФГБНУ «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»);

– специализированный программный комплекс ПК «C₂H₅ОН–АНАЛИТИК» для автоматизированного контроля показателей качества и безопасности алкогольной продукции и полупродуктов спиртового производства при использовании газохроматографических методов анализа (ВНИИПБТ – филиал ФГБНУ «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»);

– методические рекомендации по определению региона происхождения мясного сырья с использованием результатов многоэлементного (С, О, Н) анализа соотношений стабильных изотопов (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН);

– новые консорциумы бактериальных культур на основе селекционированных штаммов молочнокислых бактерий, характеризующиеся повышенным синтезом органических кислот и антимикробных веществ в отношении патогенной микрофлоры пищеварительного тракта животных (ВНИИПБТ – филиал ФГБНУ «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»);

– методологию формализации методики гистологических исследований замороженного мяса и установления нарушений параметров температурных режимов при хранении, рекомендации для аудита холодильно-технологических систем камер хранения замороженного мяса, позволяющие выявить наиболее «слабые места» этих систем и определить рациональные варианты устранения установленных недостатков (ВНИИХИ – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН).

К разработкам мирового уровня относятся:

– высокоактивный штамм *T. reesei*-Co-44, обладающий увеличенной активностью карбогидраз эндодеполимеразного действия, обеспечивающий получение высокоактивных комплексных ферментных препаратов для эффективного гидролиза некрахмальных полисахаридов зернового сырья. Получено свидетельство о депонировании штамма *Trichoderma reesei*-K-4, штамму присвоен номер ВКМ F-4789D (ВНИИПБТ – филиал ФГБНУ «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»);

– технология производства изоаскорбата натрия, удовлетворяющего международным требованиям, предъявляемым к пищевой добавке E316. Патент №2649151. Способ получения пищевой добавки-пектина из яблок (ВНИИПД – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН).

Результаты фундаментальных исследований, проведенных учеными сельскохозяйственной науки (методы селекции, включая и отдаленную гибридизацию, новые методы мобилизации, сохранения и рационального использования генофонда растений, животных, птиц, рыб и полезных насекомых, генно-ин-

женерные конструкции симбиотических систем, генно-инженерные методы и биотехнологии создания растительно-микробных систем, устойчивых к стрессам, новые формы микроорганизмов и др.), явились основой для проведения прикладных научных исследований, позволивших в 2018 году, с учетом научного задела прошлых лет, создать 305 сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, по урожайности и качеству продукции не уступающих мировым аналогам; один внутривидовый тип животных; разработать 210 новых и усовершенствованных технологий и технологических процессов производства сельскохозяйственного сырья; 170 технологических способов и приемов производства сельскохозяйственной продукции; 95 единиц машин, приборов и оборудования; 15 вакцин, диагностикумов, препаратов и дезинфицирующих средств; 12 препаратов защиты растений. Разработано новых и усовершенствовано существующих 170 методов и методик, 454 комплекта нормативной продукции. Получено 745 патентов на изобретения и селекционные достижения.

По материалам исследований издано 630 книг и монографий опубликовано 15,9 тыс. статей, в том числе 8,5 тыс. в рецензируемых журналах и 1 045 в зарубежных изданиях. В базе данных РИНЦ – 6 182 статьи, Web of Science – 202 статьи, Scopus – 511 статей.

Фундаментальные исследования в агропромышленном комплексе Российской Федерации в долгосрочной перспективе (прогноз до 2030 года) будут осуществляться по следующим направлениям.

В области экономики, земельных отношений и социального развития села

Разработка новых и совершенствование существующих организационно-экономических механизмов развития агропромышленного комплекса страны в условиях глобализации и интеграционных процессов в мировой экономике. Совершенствование механизмов земельных отношений и устойчивого развития сельских территорий.

В области земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства

Разработка и совершенствование систем воспроизводства плодородия почв, предотвращения всех видов их деградации, адаптивно-ландшафтных систем земледелия нового поколения. Создание и эксплуатация оросительных и осушительных систем, агролесомелиоративных и лесохозяйственных комплексов.

В области растениеводства, защиты и биотехнологии растений

Мобилизация, сохранение и изучение генофонда растений.

Развитие сельскохозяйственной биотехнологии в целях создания новых высокопродуктивных форм культурных растений, устойчивых к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды.

Новые генотипы растений с хозяйственно-ценными признаками и устойчивостью к стрессовым факторам в целях конструирования высокопродуктивных агрофитоценозов и агроэкосистем.

Системы агроэкологического мониторинга и фитосанитарного прогнозирования на основе усовершенствования традиционных методов с использованием информационных и компьютерных технологий.

Биологические и химические средства защиты растений.

В области зоотехнии и ветеринарии

Мобилизация, сохранение и изучение генофонда животных, птиц, рыб и насекомых.

Новые генотипы животных, птиц, рыб и насекомых с хозяйственно-ценными признаками и устойчивостью к стрессовым факторам.

Биологические средства защиты животных, птиц, рыб и насекомых.

Обеспечение безопасности и противодействия биологическому терроризму.

В области механизации, электрификации и автоматизации

Энергообеспечение и энергоресурсосбережение, возобновляемые источники энергии, беспилотные летательные аппараты и робототехника.

Интенсификация машинных технологий и новая энергонасыщенная техника для производства основных групп продовольствия.

В области хранения и переработки сельскохозяйственной продукции

Базовые ресурсосберегающие технологии глубокой переработки сельскохозяйственного сырья, производства и хранения пищевых продуктов. Контроль качества продуктов питания.

Важнейшие достижения

Проведение фундаментальных научных исследований на современном мировом уровне позволило в завершающем цикле выполнения прикладных исследований получить научно-техническую продукцию, не уступающую мировым аналогам, к важнейшей из которой относится следующая.

В области растениеводства, защиты и биотехнологии растений остаются первостепенными проблемы повышения урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции. Для решения этих проблем учеными созданы конкурентоспособные сорта сельскохозяйственных культур с высокой урожайностью и качеством продукции. К наиболее значимым из них, не уступающим мировым аналогам, относятся следующие.

Сорт пшеницы мягкой двуручки Караван предназначен для получения высоких урожаев зерна с хорошими качественными показателями для товаропроизводителей различных форм собственности и специализации Северо-Кавказского региона Российской Федерации. Сорт Караван скороспелый (рис. 136).

Истинная двуручка, с гарантированным выколашиванием при посеве весной в условиях недостатка яровизирующих температур для озимых сортов пшеницы. Обладает высокой регенерационной способностью. Отличается высокой и стабильной по годам урожайностью: в озимом севе – свыше 11 т/га, в яровом севе – более 6 т/га. Масса 1000 зёрен 39–43 г. Формирует высокое содержание белка (15%) и клейковины (30%), характеризуется хорошими хлебопекарными качествами. Среднерослый. Устойчивый к засухе, полеганию и осыпанию зерна, к бурой и жёлтой ржавчине. Патент № 9454. (НЦЗ им. П.П. Лукьяненко. Авторы: академик РАН Беспалова Л.А., к.с.-х.н. Филобок В.А. и другие).

Гибрид огурца Сапсан (рис. 137) предназначен для выращивания в открытом грунте Центрально-Чернозёмного и Северо-Кавказского регионов.

Раннеспелый пчелоопыляемый, салатный, консервный гибрид. Зеленец удлинённый, овально-цилиндрический, темно-зеленой окраски со слабо заметными светлыми полосами, доходящими до 1/3 плода. Поверхность крупнобугорчатая, с густым расположением бугорков и восковым налетом. Мякоть плотная, белая. Длина товарного зеленца 9–14 см, диаметр 2,5–4,0 см, масса 70–110 г. Гибрид обладает комплексной устойчивостью к мучнистой росе, пероноспорозу и вирусу огуречной мозаики № 1, генетически закрепленным признаком «отсутствие горечи». Урожайность до 70 т/га.

Патент № 9198 (Крымская опытно-селекционная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова». Авторы: к.с.-х.н. Медведев А.В., к.с.-х.н. Медведева Н.И.)

Сорт томата Осенняя рапсодия (рис. 138) предназначен для выращивания в открытом грунте. Раннеспелый. Урожайность от 60 до 75 т/га, плоды плотные со средней массой плода 133–160 г, хранятся без снижения товарных качеств и пищевой ценности до 3-х недель. Содержание β -каротина в плодах 3,6 мг/100 г, сухого вещества – 7,2%, моносахаров – 3,89%, витамина С – 24,64 мг%. Рекомендуется для диетического питания с проблемами пищеварительной системы. Плоды плотные, не растрескиваются. Сорт засухоустойчив, холодостоек. Имеет относительную устойчивость к фитофторозу и вершинной гнили. Заявка на патент 76117/8153507. (ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Автор: к.с.-х.н. Кондратьева И.Ю.)

Гибрид перца сладкого Селигер (рис. 139). Предназначен для выращивания в открытом грунте. Пригоден к возделыванию в Северо-Кавказском регионе. Раннеспелый, урожайность гибрида в открытом грунте до 70 т/га. Отличается высоким качеством плодов: содержание аскорбиновой кислоты в биологической спелости – 125,0–156,5 мг%. Плод пониклый, конусовидный, средней длины, гладкий, мелко-среднеребристый, слабоглянцевый, окраска в технической спелости желтоватая, в биологической – красная. Число гнезд – 3–4. Масса плода 70–120 г, толщина стенки – 4,5–5,5 мм. Содержание в плодах биологической спелости: общего сахара – 4,4–4,7%, аскорбиновой кислоты – 151–217 мг на 100 г сырого вещества. Выход товарной продукции до 93%. Гибрид показывает толерантность к поражению вирусами. Устойчив к вершинной гнили плодов. Патент №9156 (Отдел овощеводства ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса». Авторы: к.с.-х.н. Королева С.В., к.с.-х.н. Монцева Т.А.).

Сорт яблони Орфей (рис. 140) пригоден к интенсивным технологиям возделывания в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах. Сорт зимнего срока созревания. Дерево сдержанного роста, крона округлая, средней густоты. Имеет ген иммунитета к парше Vf, устойчив к мучнистой росе, засухоустойчив. Скороплодный, в плодоношение на подвое М9 вступает на 2-й год после посадки. Урожайность 33–36 т/га. Плоды крупные и выше среднего размера, кандилевидной формы, основная окраска – желтая, покровная – ярко-розовый румянец по большей части плода. Мякоть кремоватая, мелкозернистая. Био-хи-

мические показатели качества плодов: сухих веществ – 13,7%, сахаров – 9,6%, титруемых кислот – 0,60%, сахаро-кислотный индекс – 16,0, витамина С – 5,6 мг/100 г, витамина Р – 72,8 мг/100 г. Патент № 7536 (ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия» и ФГБНУ «Всероссийский НИИ селекции плодовых культур»). Авторы: академик РАН Седов Е.Н., д.с.-х.н. Ульяновская Е.В., к.с.-х.н. Дутова Л.И., д.с.-х.н. Жданов В.В. и другие).

Сорт винограда Алькор предназначен для производства кондиционного сырья (винограда) для высококачественных красных вин. Сорт Алькор (рис. 141) среднепозднего срока созревания, технический (винный). Куст сильнорослый. Гроздь средняя, цилиндро-коническая, средней массой 210 г. Ягода средней величины, округлой формы, черной окраски. Мякоть сочная, с пасленовым привкусом. Обеспечивает урожай винограда до 9,5–11 т/га с сахаристостью сока ягод 22,8–23,8 г/100 см³, при кислотности 7,5–8,0 г/дм³.

Отличается повышенной устойчивостью к милдью, белой гнили, толерантностью к корневой форме филлоксеры (ФГБНУ «Северо – Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»). Авторы: д.с.-х.н. Гугучкина Т.И., д.с.-х.н. Трошин Л.П., к.с.-х.н. Талаш А.И.).

В области зоотехнии и ветеринарии в последние годы обозначились проблемы разработки методов селекции животных по их племенной ценности с использованием геномной информации с целью создания высокопродуктивных конкурентоспособных пород и типов сельскохозяйственных животных для получения животноводческой продукции с требуемыми качественными характеристиками. Учеными Отделения сельскохозяйственных наук разработаны методы оценки племенной ценности животных и созданы типы, обеспечивающие получение продукции высокого качества.

Система селекции молочного скота на основе использования прогноза геномной племенной ценности (рис. 142) позволяет повысить интенсивность отбора животных в селекционные группы отцов и матерей быков с использованием геномной информации. Система обеспечивает повышение эффективности селекции за счет применения методологии селекционного индекса на стадии предварительного отбора животных на основе геномной информации по главным экономическим признакам молочной продуктивности, фертильности, здоровья и оценки типа телосложения. Рекомендуются для широкого применения на животноводческих предприятиях Российской Федерации. Материалы опубликованы в 18 научных изданиях (ФГБНУ федеральный научный центр животноводства ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста. Авторы: академик РАН Зиновьева Н.А., к.с.-х.н. Сермягин А.А., к.б.н. Доцев А.В, д.с.-х.н. Харитонов С.Н.).

Порода пятнистых оленей Алтае-уссурийская (рис. 143). Живая масса самцов 110–140 кг, самок 80–120 кг. В полуторогодовалом возрасте достигают 65–75% массы взрослых животных. Средняя пантовая продуктивность рогачей и перворожек составляет 1,18 и 0,24 кг соответственно, средний выход молодняка 66,0%. Животные превышают аборигенное поголовье по пантовой продуктивно-

сти на 25,0–41,0%, по выходу молодняка на 40,0%. Животные имеют легкий тип телосложения с хорошо развитой мускулатурой, отличаются выносливостью, скороспелостью, хорошей подвижностью, приспособленностью к суровым условиям Западной Сибири. Материалы опубликованы в 11 научных изданиях. Патент № 9896/60780 (ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий». Авторы: д.в.н. Луницын В.Г., к.с.-х.н. Тишкова Е.В.).

Порода перепелов «Радонежские» (рис. 144) мясного направления продуктивности. Выведена методом сложного воспроизводительного скрещивания, с использованием пород фараон и тхасская белая. Характеризуется хорошей приспособленностью к различным технологиям содержания, высокими воспроизводительными показателями и продуктивностью. Живая масса в 6 недель: перепел 330 г, перепелка 360 г. Яйценоскость за 44 недели 215 шт., сохранность молодняка 96,5%. Использование породы позволит повысить рентабельность мясного перепелководства на 5–6% и полностью обеспечить отечественных товаропроизводителей племенным материалом. Материалы опубликованы в 6 научных изданиях. Заявка на получение патента № 8152961 (ФГБНУ федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» РАН. Авторы: академик РАН Фисинин В.И., д.с.-х.н. Ройтер Я.С., к.с.-х.н. Аншаков Д.В. и другие).

Технология получения пресной воды из атмосферной влаги (рис. 145) Технология предназначена для извлечения пресной воды из воздушного потока с целью обеспечения ею потребителей и формирования искусственных водоемов в аридных регионах страны и территорий, подверженных опустыниванию и деградации. Установка включает блок нагнетания воздушного потока (массы), вихревой температурный разделитель, блок конденсации атмосферной влаги с использованием антигравитационных термосифонов. Производительность установки зависит от ее параметров и природно-климатических условий.

Опубликовано 8 статей в научных изданиях, в том числе 2 работы в базе данных Scopus. Получено 4 патента на изобретение Российской Федерации (ФНАЦ ВИМ. Авторы: к.т.н. Доржиев С.С., к.т.н. Базарова Е.Г.).

В области хранения и переработки сельскохозяйственной продукции разработаны биотехнология и ассортимент обогащенных соевыми или молочными продуктами безглютеновых хлебобулочных изделий с пониженной аллергенностью (рис. 146). Введение в рецептуру хлебобулочных изделий соевых и молочных продуктов, белки которых обладают высокой биологической ценностью, решит проблему обеспечения населения полноценным белком. Однако эти продукты характеризуются высоким аллергенным потенциалом. Выявлено влияние биотехнологического процесса на деградацию аллергенов молока и сои. Разработаны стартовые композиции из штаммов молочнокислых бактерий и дрожжей из коллекции культур Санкт-Петербургского филиала ФГАНУ НИИХП, обладающих аллерген-редуцирующей активностью. Материалы научных исследований опубликованы в 2 научных статьях. Получен патент на изобретение № 2662775 (ФГАНУ НИИХП. Авторы: д.т.н. Кузнецова Л.И., к.т.н. Савкина О.А., Локачук М.Н.).

ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК

Сведения об основных направлениях фундаментальных и прикладных исследований в области архитектуры, градостроительства и строительных наук

В области архитектуры

Фундаментальные исследования по вопросам разработки актуальных проблем развития архитектуры в современном мире представляется перспективным вести, прежде всего, в двух основных направлениях: теоретическом и историческом. Общетеоретические вопросы развития архитектуры, профессиональной культуры и образования в ближайшие годы не потеряют своей актуальности. Представляется необходимым раскрыть и сформулировать основания для системных преобразований в мировой и российской профессиональной архитектурной культуре, оперативной профессиональной стратегии и в сфере архитектурного образования. Особым предметом исследования призвана стать миссия архитектуры в движении современной культуры, в переосмыслении канонов профессии, рефлексии новой картины мира, в формировании течений архитектуры новейшего времени.

Необходимо продолжить системную работу в области приращения знаний о развитии архитектуры и градостроительства как в России, так и в других странах мира. Особое внимание должно быть уделено выявлению социальной, культурной и художественной ценности архитектурно-градостроительного наследия.

В области истории архитектуры и градостроительства планируется получение новых документально подтвержденных знаний о недостаточно изученных памятниках зодчества Древней Руси и народов, формировавших культурно-исторический каркас России, биографии и этапах творчества отдельных архитекторов. Будет продолжено изучение региональных и стилистических особенностей развития архитектуры и градостроительства Российской империи. Необходимо расширять исследования, направленные на создание целостной картины эволюции отдельных стилей и стилевых направлений.

Планируется осуществить сбор и анализ новых архивных материалов по истории советской архитектуры и градостроительства. В области всеобщей истории архитектуры ожидается расширение и углубление знаний о развитии архитектуры различных стран мира. Будет проведен фундаментальный научный анализ различных архитектурных явлений с учетом историко-культурных особенностей отдельных эпох, а также во взаимоотношении со своеобразием творчества зодчих различных стран мира.

Особо важными остаются теоретические и научно-методологические проблемы сохранения и использования архитектурно-градостроительного наследия, выявление специфики использования наследия в современной культуре, принципов сохранения культурных ценностей наследия отечественной архитектуры второй половины XX века. Сохраняет прежнюю актуальность задача исторического изучения типологических групп архитектурных памятников, анализ методов консервации и возможности музеефикации объектов историко-культурного наследия.

Значительным является анализ взаимосвязи общемирового контекста и национальной российской ситуации, как в части общекультурных приоритетов, так и типологически локализованных методов работы с историко-архитектурным наследием. Планируется дальнейшее продолжение исследований роли культурного наследия в современной застройке исторических городов, выявление ценности культурных ландшафтов и определение методов их вовлечения в современную жизнь.

В число актуальных профессиональных задач входят научные проблемы формирования благоприятной для развития человека среды жизнедеятельности. Важной является разработка научно обоснованных принципов построения типологии жилых и общественных зданий в условиях современной социокультурной ситуации, поиск наиболее устойчивых морфологических типов общественных и жилых пространственных структур как средовых элементов каркаса поселений, интерпретированного в соответствии с социальными, функциональными, технологическими, культурными ценностями своего времени. Необходимы исследования социально-пространственных изменений в новых условиях архитектурно-градостроительной деятельности, изучение связей современного социума и архитектурного пространства поселений.

Для определения путей развития архитектуры необходим анализ явлений и событий современной архитектуры, теоретических работ и эмпирического материала о новых концепциях формообразования, новых направлений развития пространства обитания, тенденций в архитектурной футурологии, осмысление современной биомиметики с архитектурных позиций.

В области градостроительства

Основные направления фундаментальных исследований охватывают все сферы градостроительства как системы научных знаний и развиваются в рамках укрупненного тематического блока *«Фундаментальные основы пространственного развития территории Российской Федерации»*. Исследования этого блока приобретают особую актуальность и значимость в связи с задачами, поставленными в Послании Президента Российской Федерации В.В. Путина Федеральному собранию, в котором пространственное развитие страны выделено в качестве одного из важнейших приоритетных «прорывных» направлений, а также в связи с приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации, определенными в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642.

Актуальными направлениями фундаментальных и прикладных исследований на среднесрочную и долгосрочную перспективу остаются аналитические и прогнозные разработки, нацеленные на выявление пространственных особенностей и стратегических аспектов развития системы расселения России как основы территориально-градостроительной политики страны. При этом должны быть дифференцированно разработаны проблемы следующих регионов и объектов проектирования, существенно различающихся по своим условиям, предпосылкам развития и перспективам: Центральные регионы Европейской части России; Крым и Севастополь; Сибирь и Дальний Восток, с учетом задач дальнейшего освоения их важнейших для страны природных ресурсов и предотвращения крайне неблагоприятных процессов оттока населения, наблюдающихся в последние годы; регионы Юга России, с учетом их природных преимуществ, рекреационного и сельскохозяйственного значения, а также этноконфессиональных особенностей; регионы Европейского Севера и Севера Сибири и Дальнего Востока, с задачами очагового освоения уникальных природных ресурсов, а также сохранения культурных и хозяйственных особенностей малочисленных народов; преобразование пространства Арктики в активную экономическую зону путем инфраструктурного и поселенческого обустройства прибрежных территорий.

В перспективе среднесрочного прогнозного горизонта фундаментальные и приоритетные прикладные исследования в области градостроительства будут посвящены развитию научных основ формирования системы расселения на территории России применительно к сложившимся и прогнозным социально-экономическим условиям и глобальным вызовам. В этом контексте приобретают всё большую значимость исследования объективных закономерностей процессов урбанизации и дезурбанизации в России и в мире, в том числе, развитие мегалополисов и агломераций, каркасов систем расселения (инфраструктурных, природных, культурно-исторических); территорий с особыми условиями градорегулирования (приграничных, природных, рекреационных, приоритетного развития или освоения и др.), взаимосвязи городов и их систем, повышения качества городской среды на основе внедрения инновационных технологий, в том числе, цифровых.

В рамках тематического направления *«Фундаментальные основы пространственного развития территории Российской Федерации»* будут разрабатываться три исследовательских блока, содержание которых охватывает различные таксономические территориальные уровни: территорию страны в целом – части территории – города и поселения – городскую среду. Это разделы *«Научные основы организации территории России»*, *«Развитие основ теории города»*, *«Градостроительные основы повышения качества и безопасности среды жизнедеятельности»*. На современном этапе развития урбанизации очевидной становится необходимость научных обоснований при определении приоритетных направлений развития каркаса и ткани расселения как катализаторов будущих социально-экономических преобразований в Российской Федерации. Результаты этих исследований могут быть

использованы как методические материалы для совершенствования качества территориального планирования и научного прогнозирования. Впервые в отечественной практике нового времени на научной основе предполагается комплексное рассмотрение всего спектра градостроительных проблем, связанных с российской системой расселения от стихийного роста агломераций до процессов стагнации малых городов и поселений и проблем качества городской среды.

Содержание исследований укрупненного тематического блока *«Научные основы организации территории России»* будет посвящено разработке теоретических основ развития системы расселения России и региональных градостроительных систем на принципах гармонизации природных, технологических, социальных и экономических компонентов (устойчивого развития); исследованию процессов урбанизации и дезурбанизации в условиях глобализации и региональных подходов; анализу формирования инфраструктурных, транспортно-логистических, экологических, расселенческих каркасов, создающих условия развития экономического и технологического роста на основе развития человеческого потенциала.

Приоритетными на ближайшую перспективу станут следующие направления исследований:

- межрегиональные транспортные системы как основа транспортного планирования двух и более субъектов Российской Федерации;
- градостроительные приоритеты развития крупных городов Центрального Черноземья;
- выявление тенденций и прогнозные исследования территориального развития городов-центров субъектов Северо-Западного Федерального округа Российской Федерации;
- эволюция системы расселения Керченского полуострова;
- научные основы развития Сочинской курортной агломерации с перспективой формирования трансграничной Азово-Черноморской курортной агломерации;
- Байкальский макрорегион; предпосылки и критерии инновационного развития территории;
- научно-методологические основы градостроительной диагностики территориально-планировочных структур на макроуровне;
- принципы и научно обоснованная методика оптимизации системы расселения крупного макрорегиона на примере Сибирского федерального округа;
- пространственно-временная динамика сети древних и исторических поселений на Восточно-Европейской части России;
- влияние агломерационных процессов на формирование структуры селитебных территорий на примере Екатеринбургской агломерации;
- пространственная организация науки в регионах и региональных центрах России;
- теоретические основы выявления ресурсных взаимосвязей градостроительных систем и внешних природных территорий;

– система расселения России – научные основы исследования, прогнозирования, планирования пространственного развития.

«*Развитие основ теории города*» В тематических рамках раздела будут проведены исследования пространственных, инфраструктурных, социальных, экономических, экологических проблем городов, поселений и их систем различной типологии: мегалополисов, агломераций, мегаполисов, крупных, средних, малых городов, моногородов, ЗАТО, технополисов, наукоградов, исторических городов и поселений и др. К этому разделу отнесён и блок исследований по развитию теоретических основ градостроительства, который является одним из приоритетных, включающих в себя как проблемы общетеоретического и методологического характера, так и циклы исследований в рамках иерархических территориальных уровней.

Исследования этого цикла чрезвычайно актуальны, так как проблемы городов напрямую влияют на здоровье и качество жизни граждан. Во Всемирном Докладе по человеческим поселениям отмечается, что если в ответ на вызов городских проблем ситуацию не изменить кардинально, то в период до 2025 года бедствующий слой городских жителей в мире может возрасти в три раза.

Среди перспективных исследований по разделу можно выделить следующие направления:

- транспортная составляющая развития градостроительного наследия арктической зоны России;
- научные основы формирования линейных градостроительных структур;
- концептуальная модель градостроительной модернизации исторически сложившихся и новых малых городов (на примере Владимирской области);
- теоретические и методологические основы управления формированием и развитием градостроительных систем методами логистики;
- исследование эволюции градостроительной структуры как основы территориального планирования (малые города России: обобщение опыта и перспективные методы исследования в целях возрождения архитектурно-градостроительного наследия);
- разработка, исследование и развитие математических моделей внутренних миграций населения в современной России для целей территориального и стратегического планирования;
- система транспортно-коммуникационных коридоров крупнейшего города;
- социально-градостроительные исследования при разработке документов территориального планирования.

«*Градостроительные основы повышения качества и безопасности среды жизнедеятельности*» Исследования раздела направлены на изучение объективных закономерностей, технологий и механизмов повышения качества и безопасности городской среды.

Среди приоритетных можно выделить следующие направления исследований:

- развитие научно обоснованной градостроительной нормативно-правовой базы в части особо охраняемых природных территорий для поддержания качественной безопасной городской среды;

- особенности благоустройства и озеленения исторических зон городов (на примере Москвы);
- «большие данные» в решении градостроительных задач;
- научно обоснованная методология оценки качества документов территориального планирования и градостроительного проектирования;
- градостроительное проектирование инновационных территорий как одно из направлений создания качественной и безопасной городской среды;
- научные основы развития инфраструктуры сельских поселений в России с целью организации агротуризма;
- архитектурно-планировочная организация сельских поселений с применением инновационных инженерных систем жизнеобеспечения (Экологические основы формирования сельских поселений);
- градоэкологические основы формирования городской застройки, обеспечивающие архитектурно-эстетические показатели комфорта среды проживания населения;
- научное обоснование градостроительных решений по снижению загрязнения атмосферы городов с использованием погодных геоинформационных систем;
- формирование курортной зоны с использованием экологически безопасных и энергетически эффективных инженерных систем;
- градоэкологические основы формирования городской застройки, обеспечивающие архитектурно-эстетические показатели комфорта среды проживания населения;
- научное обоснование градостроительных решений по снижению загрязнения атмосферы городов с использованием геоинформационных систем;
- формирование курортной зоны с использованием экологически безопасных и энергетически эффективных инженерных систем.

В системе координат формирующегося информационного постиндустриального общества, развития новой сервисной экономики высокопрофессиональных услуг, цифровой экономики и экономики знаний требуется переосмысление научной парадигмы градостроительной деятельности. Российское градостроительство должно сформулировать позитивные прогнозные тренды развития (целевой прогноз) и предложить инструменты и механизмы их реализации. Такие разработки базируются на важнейших принципиальных положениях: преемственности отечественного опыта пространственного планирования, анализе объективных процессов мировой урбанизации, сохранении гуманистической социальной миссии градостроительной деятельности, возрождении градостроительства как сферы пространственных искусств, реализации новаторских инновационных решений.

В области строительных наук

В настоящее время особо актуальными становятся работы в области обеспечения безопасности, долговечности и комфортности зданий, сооружений и комплексов на основе развития методов строительной механики, строительной

физики, строительной аэрогидродинамики, математического и компьютерного моделирования применительно к конструкциям из традиционных и новых строительных материалов.

Комплексное развитие теории безопасности, живучести и комфортности зданий и сооружений в нормальных и экстремальных условиях эксплуатации предполагает:

- исследование механизмов деградации материалов на основе цементных и полимерных связующих, а также металлов различной структуры и химического состава, под воздействием агрессивных климатических факторов, биологически активных сред и т.д.; разработку методов модифицирования материалов для повышения их долговечности;

- построение и верификацию энкриментальной модели деформирования и прочности бетонных и железобетонных элементов при сложных напряженных состояниях с различными схемами трещин для развития эффективных слабоитерационных и безитерационных методов расчета конструктивных систем зданий и сооружений;

- обобщение комплексных экспериментальных исследований, разработку теории прочности и деформативности новых плоскостных сталефибробетонных конструкций;

- создание технологий получения строительных композитов на основе цементных и полимерных вяжущих с повышенными физико-химическими характеристиками и высокой стойкостью к агрессивным климатическим и биологическим факторам, биологическим сопротивлением и улучшенными физико-механическими свойствами;

- разработку, исследование, развитие, верификацию и апробацию (на представительном наборе модельных, тестовых и практически важных примеров) методов решения задач расчета строительных конструкций, зданий и сооружений с учетом разного рода нелинейностей;

- разработку, исследование, развитие, верификацию и апробацию (на представительном наборе модельных, тестовых и практически важных примеров) многоуровневых численных и численно-аналитических методов локального расчета строительных конструкций на основе вейвлет-анализа;

- развитие нелинейных алгоритмов расчета конструктивных систем из железобетона с разрушением несущих элементов по наклонному сечению при совместном проявлении их силового нагружения и средовых повреждений; предложения по созданию адаптационно-приспосабливаемых к аварийным воздействиям конструктивных систем зданий и сооружений с учетом особенностей характера разрушений по наклонным сечениям;

- развитие механики разрушения, свойств, долговечности волокнистых композитов с применением фрактальных моделей;

- решение новых задач влагоупругости в грунте от разрыва трубопровода без снятия нагрузки на грунт от веса здания; решение задач влагоупругости при нестационарных влажностных режимах;

- разработку методики расчета неоднородных по толщине и по пространственным координатам пологих оболочек на прочность и устойчивость; исследование влияния параметров неоднородности материала;
- развитие физико-механической модели вычислительного метода расчета сложных конструкций из новых видов высокопрочных сталефибробетонов;
- экспериментально-теоретические исследования прочности и деформативности новых стыковых соединений арматуры и бетонных элементов;
- разработку методов расчетного анализа состояния слабых глинистых грунтов, усиленных ядрами и элементами из крупнообломочного грунта.

Актуальным также является развитие направлений исследований в области защиты от шума: построение математических моделей реверберационных процессов, определения энергетических характеристик, звукопроницаемости и звукопоглощения ограждающих конструкций; анализ и обобщение теоретических основ, позволяющих оценивать акустические возможности современных материалов и прогнозировать изменение их физико-технических характеристик; определения новых и обобщение существующих экспериментальных данных акустических характеристик, разработка средств, внедрение которых в строительство обеспечит эффективное снижение шума, будет содействовать формированию безопасной и комфортной среды обитания населения.

Дальнейшее развитие получили исследования по строительной светотехнике, включая: определение светопропускания естественного света светопрозрачными конструкциями с новыми типами остекления, характеризующимися повышенными значениями сопротивления теплопередаче; разработку методов расчета и проектирования искусственного освещения на основе энергоэффективных низковольтных источников искусственного освещения – органических светодиодов; совершенствование и развитие методов расчета и проектирования трубчатых световодов естественного света с концентраторами солнечного излучения в климатических условиях России, как со светотехнической, так и с теплофизической точки зрения.

Исследования энергосбережения в зданиях выполняются в направлении развития методов повышения теплозащиты ограждающих конструкций, проектирования энергоэффективных систем вентиляции и кондиционирования воздуха в зданиях при одновременном повышении их долговечности и соответствующей комфортности проживания.

Важнейшие результаты

В области «Архитектура»

Здание Филармонии в парке «Зарядье» (г. Москва)

Руководители авторского коллектива: главный архитектор Москвы С.О. Кузнецов, член-корреспондент РААСН В.И. Плоткин.

Здание Филармонии в парке «Зарядье» (Москва), которым был завершен этот архитектурно-ландшафтный комплекс, представляет собой уникальный

объект, ставший образцом современной архитектуры, расположенный в восточной части указанного парка (рис. 147). Прозрачный стеклянный фасад встроен в искусственный холм, что создает возможность использования озелененной кровли как рекреационной зоны. Стеклянная «Кора» над крышей филармонии способствует формированию благоприятного микроклимата. 150 солнечных батарей, установленных над зданием Филармонии, позволит использовать полученную энергию для энергопотребления здания. В Филармонии имеются два зала и фойе. Сердцевиной зрительской зоны является Большой концертный зал на 1 650 мест, архитектурное решение которого необычно – сцена окружена зрительскими рядами, перетекающие пространства ярусов и партера, оригинальная форма светильников потолка. Благодаря уникальному инженерному оснащению, Большой зал может использоваться для проведения самых разных мероприятий. Механизация зала предполагает трансформацию партера, оркестровой ямы и сцены. Это зал-трансформер, в котором возможны несколько десятков сценариев: за счет подъемных механизмов ряды партера могут подниматься на 2,5 метра или полностью складываться, превращаясь в плоскую площадку. В Большом зале установлен орган с 78 регистрами, спроектированный специально для здания Филармонии в парке «Зарядье». В потолок зала вмонтированы автоматизированные люки для осветительных приборов. Малый зал оборудован разборными зрительскими рядами, что создает возможность репетиций большого оркестра. Высота Малого зала в два раза превышает его ширину, обеспечивая хорошее качество звука.

В отделке залов использовались редкие породы деревьев – аляскинский кедр и оregonская сосна – из них состоят акустические панели в Большом зале. Текучие формы Большого и Малого залов, лестница, фойе и другие конструкции выполнены из акрилового камня, пластичность которого позволяет отливать большие бесшовные формы. Фойе является связующим звеном между Филармонией и парком, органично входя в его пространство. Входная часть облицована витражами из цветного стекла и большеразмерных стеклопакетов.

Здание Филармонии в парке «Зарядье» стала площадкой для проведения массовых мероприятий мирового уровня и одним из самых посещаемых концертных залов Москвы.

Результаты опубликованы в ведущих российских и международных журналах.

Монография «Европейские архитекторы в советском градостроительстве эпохи первых пятилеток» (Москва, БуксМарт, 2017. – 360 с.: 105 ил., автор – советник РААСН Е.В. Конышева)

В результате многолетних исследований в рамках реализации Плана фундаментальных научных исследований Российской академии архитектуры и строительных наук и Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации в отчетном году была подготовлена и изда-

на монография «Европейские архитекторы в советском градостроительстве эпохи первых пятилеток», восполняющая существовавший до настоящего времени исследовательский пробел, касающийся системного анализа и оценки деятельности европейских архитекторов в СССР в конце 1920-х и в 1930-е годы (рис. 150).

В книге представлена обобщающая картина работы иностранных специалистов в советском архитектурно-градостроительном проектировании периода первых пятилеток. Впервые показан истинный масштаб этого явления, его роль в формировании новых принципов и профессиональных приемов проектирования, оказавших влияние на дальнейшее развитие советской градостроительной практики. В исследовании выявляются ключевые противоречия, или, напротив, моменты общности в методологии, принципах, задачах градостроительного проектирования и архитектурного творчества в советской и европейской практике 1930-х годов.

В монографии подробно рассмотрены задачи привлечения иностранных архитекторов к советской архитектурно-градостроительной практике, реконструирован процесс интеграции в советские проектные организации, показаны ожидания обеих сторон, «конфликтные узлы», характер и причины трансформации западного опыта при разработке проектов социалистических городов, представлены итоги деятельности зарубежных специалистов и причины завершения многолетнего сотрудничества. Автором детально проанализированы проекты конкретных «социалистических городов» и поселений Урала, Сибири, Дальнего Востока, Донбасса, выполненные зарубежными специалистами или при их участии, дано подробное описание архитектурно-планировочного решения осуществленных фрагментов городской среды (Магнитогорск, Орск, Новокузнецк).

В книге вводится в научный оборот массив новых документов из российских и зарубежных архивов. Документы сопровождаются научными комментариями, биографическими сведениями и справочными материалами. Документы, представленные в комплексе, открывают возможность объективного научного анализа роли иностранных архитекторов в советском архитектурно-градостроительном процессе конца 1920-х и в 1930-х годах, и дают повод для пересмотра устоявшихся оценок. Книга открывает перспективы для дальнейшего исследования проблемы интерпретации и адаптации зарубежного архитектурно-градостроительного опыта в России XX века.

В целом выход этой книги способствует углубленному пониманию характера и особенностей архитектурно-градостроительного процесса советского периода и создает необходимую научную базу для выявления взаимовлияний советской и зарубежной практики. Кроме того, в монографии представлена практическая архитектурно-градостроительная информация, которая может быть использована при подготовке документов, связанных с постановкой на учет и охраной объектов культурного наследия (ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»).

В области «Градостроительство»

Научные основы совершенствования обустройства территории России сетью поселений и связывающих их коммуникаций (Научный руководитель: почётный член РААСН М.Я. Вильнер)

Исследование содержит результаты рассмотрения ключевых аспектов отечественного опыта планирования, пространственной организации и обустройства территории; обзора методологических подходов и направленности использования этого опыта в процессе разработки Стратегии пространственного развития России в современных условиях. Эффективность решения задач обустройства территории страны в значительной мере зависит от научной обоснованности и степени профессионализма постановки и разработки подлежащих реализации программ. Важно отметить характерные особенности задач стратегического планирования пространственного развития России, которое должно создавать для страны предпосылки: усиления геополитических позиций и обороноспособности; социального и культурного развития, способствующего формированию человеческого капитала; опережающей разработки и использования инновационных технологий и технических средств; эффективности использования территории и повышения конкурентоспособности экономики. Градостроительное планирование определяет осуществляемые изменения характера пространственного каркаса территории на долгосрочную перспективу. В исследовании также дано представление о порядке реализации соответствующей стратегии, которая должна начинаться с определения научно обоснованных требований к системе документов территориального планирования федерального, регионального и муниципального уровней (начиная со схемы территориального планирования России) (рис. 148), конкретизирующих характер принятых планировочных решений и мер их реализации (правовых и нормативных, институциональных и др.).

Результаты исследования, содержащие оценку подготовленного для согласования проекта «Стратегии пространственного развития России» свидетельствуют о кардинальном характере необходимых до его принятия доработок и актуальности учета накопленного опыта работ в этой сфере. По результатам исследования издана монография «Методологические основы реформирования управления развитием территории» и ряд научных статей. Экспертная оценка проекта Стратегии пространственного развития России (Минэкономразвития России) рассмотрена и поддержана Научным советом РААСН по проблемам территориального планирования и градостроительного проектирования. С учётом результатов исследования подготовлены научно обоснованные предложения по методологическим основам формирования и структуре плана работ ПК 9 (подкомитета по градостроительству) ТК 365 (комитета по строительству) Росстандарта.

Монография «Советское градостроительство 1917–1941» (коллективная монография в двух книгах. – М.: Прогресс-Традиция, 2018:

Кн. 1: 820 с., ил.; кн. 2: 672 с., ил., автор концепции и научное руководство: член-корр. РААСН Ю.Л. Косенкова

В результате многолетних исследований, проводимых по Плану фундаментальных научных исследований Российской академии архитектуры и строительных наук и Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, была издана коллективная монография «Советское градостроительство 1917–1941», подготовленная сотрудниками высшей квалификации: Ю.Л. Косенкова (отв. ред.), А.Г. Вайтенс, Ю.П. Волчок, А.Г. Вяземцева, С.С. Духанов, И.А. Казусь, Е.В. Конышева, М.Г. Меерович, Э. Писториус, Ю.Д. Старостенко, А.С. Щенков, Г.Н. Яковлева (рис. 150).

В последние годы внимание историков архитектуры советского времени все более стала привлекать фактически неизученная, но чрезвычайно важная и сложная область: градостроительство как повседневная проектно-практическая деятельность, определявшая собой характер среды обитания для многомиллионного населения страны. Каким закономерностям подчинялась эта работа, как она была связана с концептуальным градостроительным проектированием и фактическим состоянием профессионального архитектурного сообщества в целом, с характером экономики, культуры, социального устройства советского общества, с уровнем его технического развития; со стратегическими целями и тактическими задачами власти и пр. – весь этот комплекс весьма непростых проблем стал предметом углубленного изучения.

Авторами монографии был осуществлен целый ряд исследований, направленных, как на выявление градостроительных концепций, накладывавшихся во времени друг на друга, так и на воссоздание организационной стороны градостроительного дела (изучение организации и преобразования системы проектирования, области градостроительных директивных и нормативных актов и т.п.), методологических приемов градостроительного проектирования (в том числе планировки и застройки «соцгородов»), а также практики градостроения, в частности, ее сложных взаимодействий с местными социальными, архитектурными традициями, природными условиями. Значительно были продвинуты исследования, соотносящие развитие советского градостроительства довоенного периода с мировым опытом, в том числе отражающие участие иностранных архитекторов в советской градостроительной практике. Сложные проблемы, возникавшие в процессе развития советского общества, очевидно, в самом общем виде можно рассматривать как коллизии борьбы должного и сущего, общего и особенного. Анализ исторического материала советского градостроительства позволяет заметить, что большинство конфликтных ситуаций, возникавших на протяжении его развития, определялось тем, как соотносились между собой эти общие категории. Напряженная модальность, которая всегда была присуща советскому обществу, приоритет должного перед сущим, общего перед особенным, неизменно отражались и в архитектурно-градостроительной проблематике.

Исследования, вошедшие в монографию, сугубо академичны по своим научным подходам, базируются на обширных массивах новых исторических

материалов, в том числе архивных, и отличаются, насколько это возможно, приверженностью к традиции точного, документально подтвержденного знания. Они существенно восполняют имеющиеся многочисленные фактические пробелы в знании об объекте исследования – советском градостроительстве довоенного периода. Монография является логическим продолжением фундаментальных исследований истории отечественного градостроительства, на протяжении многих лет проводимых в Научно-исследовательском институте теории и истории архитектуры и градостроительства¹.

Монография удостоилось Золотого знака в номинации за лучшее издание в области архитектуры на фестивале «Зодчество-2018».

В области «Строительные науки»

Башня «Лахта Центр» (г. Санкт-Петербург)

Руководители проекта: академик РААСН В.И. Травуш (научный руководитель, главный конструктор); генеральный директор АО «МФК Лахта Центр», кандидат экономических наук Е.А. Илюхина; генеральный директор ЗАО «ГОРПРОЕКТ», кандидат экономических наук С.И. Лахман.

Лахта Центр – инновационный многофункциональный комплекс в Санкт-Петербурге со штаб-квартирой группы «Газпром» и общественными пространствами. Архитектурная доминанта Лахта Центра – небоскреб высотой 462 метра – стал самым высоким зданием Европы (рис.149).

Впервые в мире здание такой высоты построено на слабых болотистых грунтах. Конструкция коробчатого фундамента опирается на сваи диаметром 2 метра и длиной 80 метров. При устройстве фундамента был установлен мировой рекорд непрерывного бетонирования, занесенный в книгу рекордов Гиннеса. На фундамент опирается центральное ядро и сталежелезобетонные колонны, которые, поворачиваясь каждые два этажа в плане, к вершине дома повернуты на 90 градусов. Каждая колонна с сечением размером 1,5 × 1,5 метра может воспринять усилие 21 000 тонн. На пяти уровнях колонны соединяются с центральным ядром аутригерами, которые увеличивают общую жесткость здания, снижают горизонтальные деформации здания и его период колебаний, значительно повышают надежность здания при чрезвычайных ситуациях.

Результаты опубликованы в ведущих российских и международных журналах.

Разработка новых методов акустического расчёта как основы для оптимальной защиты зданий и территорий застройки от повышенного шума газовоздушных систем городских энергетических объектов (Научное руководство: почётный член РААСН В.П. Гусев).

¹ В предыдущие годы вышли издания: «Русское градостроительное искусство» /под общ. ред Н.Ф. Гуляницкого/ – тт. 1–5 – М.: Стройиздат, 1993–1998 ; «Градостроительство России середины XIX – начала XX века» /под общ. ред. Е.И.Кириченко/ – кн. 1–3 – М.: Прогресс-Традиция, 2001–2010.

Газовоздушные системы (ГВС) принадлежат к числу основных источников повышенного шума городских энергетических объектов (ТЭЦ, РТС, котельных) круглосуточно излучаемого в окружающее пространство. Оптимальная защита от их шумового воздействия с точки зрения акустики и экономики невозможна без достаточно точных акустических расчётов. Задача работы – исследование с целью разработки расчётных методов и обоснование их пригодности для достаточно точного определения энергетических параметров шума и снижения звуковой энергии внутри крупногабаритных каналов (в их прямых участках, в поворотах, расширениях, сужениях) и в окружающей их среде (на пути распространения шума к объектам воздействия).

Новизна работы заключается в создании и апробации нетрадиционных расчётных методов, основанных на статистической энергетической теории, пригодных для оценки процесса формирования, распространения шума в замкнутых объемах и влияния различных факторов на звуковые поля, для расчёта энергетических характеристик шума в газовоздушных каналах.

Получены исходные материалы: результаты анализа ситуационных данных и характеристик систем тяги и дутья водогрейных и паровых котлов, характеристики тягодутьевых машин (дутьевых вентиляторов и дымососов) и рассматриваемых газовоздушных систем в целом как источников шума, негативно воздействующих на окружающую среду.

Выполнены: анализ и обобщение научных данных в области распространения шума в аналогах каналов ГВС - в магистральных воздуховодах систем вентиляции, в крупногабаритных круглых и прямоугольных газовоздушных каналах и формирования в них звуковых полей.

Разработаны основанные на статистической энергетической теории методы расчёта уровней шума в крупногабаритных каналах: метод функции источника, комбинированный метод, метод расчёта шума в окружающем каналы пространстве на пути его распространения к объектам воздействия.

Рассчитанные по разработанной методике уровни шума с учетом зеркальной составляющей отражаемой энергии в крупногабаритных газовоздушных каналах имеют высокую сходимость с результатами данных, полученных при измерении уровней шума в ходе экспериментальных исследований.

Разработанные расчетные методы не имеют аналогов в мировой практике и обеспечивают достаточную точность определения уровней шума в крупногабаритных газовоздушных каналах и снижение их по пути распространения.

Результаты опубликованы в ведущих российских и международных журналах. (**ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»**).

Создание новых методов модификации для повышения морозостойкости и коррозионной стойкости цементного камня, получаемых механохимическим синтезом полиорганилсилсесквиоксанов с оксидами металлов (Научное руководство: член-корреспондент РААСН С.В. Вавренюк)

Научный результат: Разработка метода повышения реакционной емкости полиорганилсилсесквиоксанов путем их совместной механоактивации с окси-

дами металлов с получением конечного продукта – полиметаллорганосилоксана, предназначенного для модифицирования цементных систем.

Научно-исследовательская работа направлена на создание новых методов модифицирования бетонов с целью повышения их долговечности (морозостойкости и коррозионной стойкости) с помощью кремнийорганических соединений (КОС), вводимых в процессе помола клинкера при изготовлении портландцементов. При этом предложенный метод модифицирования позволит существенно повысить и сроки хранения цементов без потери их функциональных свойств, и значительно упростить технологию изготовления бетонных смесей.

Основная задача исследования – разработка новых видов кремнийорганических модификаторов цементных систем (на основе КОС из группы полиорганилсилсесквиоксанов), обладающих максимальной реакционной емкостью (химической активностью) по отношению к минералам портландцементного клинкера при обеспечении предельной однородности их распределения в объеме размолотого клинкера.

Результатом работы явилась разработка метода повышения реакционной емкости полиорганилсилсесквиоксанов путем их совместной механоактивации с оксидами металлов с получением конечного продукта – полиметаллорганосилоксана, предназначенного для модифицирования цементных систем. Предложенный метод механосинтеза позволяет увеличить у полиорганилсилсесквиоксанов количество функциональных реакционноспособных групп в 2 раза, что в свою очередь повышает их твердофазную реакционную емкость по отношению к цементным системам более чем на 40 %.

Введение в цементные системы синтезированных полиметаллорганосилоксанов позволяет снизить количество содержания свободного гидроксида кальция Ca(OH)_2 в цементном камне в 2–3 раза. А поскольку все виды коррозионных процессов и морозного разрушения в цементном камне протекают с участием гидроксида кальция, то полученные результаты исследований дают основание предполагать существенное повышение долговечности модифицированных цементов обычного минералогического состава (морозостойкости и стойкости состава в агрессивных средах). Результаты опубликованы в ведущих российских и международных журналах.

Разработка основ применения комплексных систем «активного» энергосбережения при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых и общественных зданий для создания строительных объектов с повышенной энергетической и экологической эффективностью в рамках развития концепции «зеленого строительства» (Научное руководство: А.В. Спиридонов)

Актуальность полученных результатов: проведен анализ мирового опыта проектирования, строительства зданий с повышенной энергетической и экологической эффективностью в рамках концепции «зеленого строительства» с использованием технологий «активного» энергосбережения, обобщена мировая практика проектирования и строительства зданий с повышенной энер-

гетической и экологической эффективностью в рамках концепции «зеленого строительства», уточнена методика оценки энергетической эффективности различных систем «активного» энергосбережения в процессе строительства и реконструкции жилых и общественных зданий в климатических условиях Российской Федерации, проведена оценка энергетической эффективности применения различных систем и технологий «активного» энергосбережения при строительстве и реконструкции жилых и общественных зданий массовой застройки в различных климатических условиях.

Новизна полученных результатов: впервые проведен комплексный анализ мирового опыта проектирования, строительства зданий с повышенной энергетической и экологической эффективностью в рамках концепции «зеленого строительства» с использованием технологий «активного» энергосбережения.

Практическая значимость полученных результатов: разработана структура и основные положения Рекомендаций по применению комплексных систем «активного» энергосбережения при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых и общественных зданий для создания строительных объектов с повышенной энергетической и экологической эффективностью в рамках развития идеологии «зеленого строительства в климатических условиях Российской Федерации, разработаны конкретные предложения по модернизации ограждающих конструкций и реконструкции общественных зданий с использованием технологий «активного» энергосбережения, которые будут совместно использоваться институтом, инвесторами и застройщиками после обоснования их эффективности и целесообразности в жизненном цикле здания для конкретных проектов.

Результаты опубликованы в ведущих российских и международных журналах (НИИСФ РААСН).

Исследование эксплуатационных параметров теплоизоляционных материалов в ограждающих конструкциях для проектирования зданий с повышенным уровнем энергосбережения (Научное руководство: член-корреспондент РААСН В.Г. Гагарин)

Сущность работы: Создание системы научно-обоснованных, верифицированных прикладных методик определения теплотехнических показателей теплоизоляционных материалов в процессе эксплуатации в составе ограждающих конструкций зданий.

Научная новизна: Разработаны: общая методика определения расчетных значений теплопроводности на основе использования коэффициентов теплотехнического качества теплоизоляционных материалов; методика определения эксплуатационной влажности теплоизоляционных материалов по результатам натурных исследований распределения влажности по толщине конструкции; математическая модель изменения с течением времени теплопроводности в сухом состоянии газонаполненных полимерных теплоизоляционных материалов за счет замещения газа, закачиваемого в поры материала при производстве, воздухом.

Практическая значимость: Описан экспериментальный метод прогнозирования изменения теплофизических показателей минераловатных теплоизоляционных материалов за срок эксплуатации в кровельной ограждающей конструкции и системах фасадных композиционных теплоизоляционных (СФТК).

Разработана и апробирована на основных типах полимерных теплоизоляционных материалов методика исследований теплофизических характеристик полимерных теплоизоляционных материалов при моделировании наиболее экстремальных условий эксплуатации в заглубленных частях ограждающей конструкции зданий и местах сопряжения стены с грунтом.

Определены коэффициенты теплотехнического качества основных видов теплоизоляционных материалов.

Перспективы применения: Внедрение в практику проектирования тепловой защиты зданий коэффициентов теплотехнического качества и коэффициентов условий эксплуатации теплоизоляционных материалов значительно повысит точность проводимых теплотехнических расчетов.

Результаты опубликованы в ведущих российских и международных журналах (НИИСФ РААСН).

Разработка теоретических основ оценки вибрационного воздействия от линий метро мелкого заложения на среду обитания населения (Научное руководство: В.А. Смирнов, советник РААСН И.Е. Цукерников)

Теоретические исследования распространения упругих волн в вязко-упругой трехфазной среде стали основой для разработки физических и расчётных моделей распространения вибрации в грунте от тоннеля метрополитена до фундамента здания и передачи вибрации из грунта на фундаментную конструкцию, учитывающих вязко-упругие и диссипативные характеристики грунта, его слоистость и размер каждого слоя, отражения и дифракцию волн на границах раздела сред (рис. 151). Разработаны методология расчета вибрации на поверхности грунта и усовершенствованная методика.

Научная новизна: Усовершенствована расчётная модель, учитывающая взаимодействие подвижных составов метрополитена с конструкцией верхнего строения пути, характер колебаний тоннельной обделки, а также стохастические характеристики грунтового массива при распространении колебательных волн от тоннеля метрополитена. В отличие от существовавшей ранее, новая модель позволяет определять уровни колебания точек на поверхности грунта с учётом частотно-зависимого демпфирования, присутствующего в геологическом разрезе. Помимо этого, отмечены следующие важные факторы: явная зависимость между скоростью движения поезда и возбуждаемыми при этом колебаниями тоннельной обделки, что в частности учитывается вводимой поправкой; зависимость между нагрузкой на ось подвижного состава и возбуждаемым уровнем колебаний тоннельной обделки, которая также учитывается введением поправки. Даны рекомендации по проведению проверки вибрации поверхности грунта на возможное повышение уровней вибрации тоннельной обделки, вызванное появлением дефектов рельса или наличием стыка.

Значимость: Выполненный анализ распространения вибрации в грунте от тоннельной обделки до поверхности грунта и составленные на его основе физическая и математическая модели распространения вибрации от тоннельной обделки до поверхности грунта позволяют уточнить прогноз уровней вибрации и структурного шума в жилых и общественных помещениях проектируемого здания и на этапе проектирования сооружения рассчитать вибрационные воздействия, разработать виброзащитные мероприятия, обеспечивающие выполнение требований санитарных норм и комфортное нахождение людей в здании; детально учитывать взаимодействие метropolездов с конструкцией верхнего строения пути, так и стохастические характеристики грунтового массива на пути распространения колебаний от тоннельной обделки до фундаментов исследуемых зданий. Использование разработанных расчетных моделей позволяет получить более адекватные прогнозные данные необходимые для проектирования наиболее эффективных и экономически выгодных виброзащитных систем.

Прогноз применения: Результаты исследований могут быть использованы при построении инженерной методики прогноза уровней вибрации и переизлучаемого структурного шума в помещениях жилых зданий, расположенных вблизи действующих и проектируемых линий метро неглубокого заложения. Полученные результаты будут использованы при пересмотре и актуализации свода правил СП 23-105-2004 «Оценка вибрации при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена».

Результаты опубликованы в ведущих российских и международных журналах (НИИСФ РААСН).

ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ

Государственные премии и награды, присужденные работникам Российской академии образования в 2018 году

Президент России Владимир Владимирович Путин вручил почетному президенту Российской академии образования Людмиле Алексеевне Вербицкой премию за вклад в укрепление единства российской нации.

Премия была присуждена Л.А. Вербицкой по представлению Совета при Президенте Российской Федерации по межнациональным отношениям.

В.В. Путин отметил, что русский язык как государствообразующий играет особую роль в укреплении межнациональных отношений, а Л.А. Вербицкая внесла особый вклад в его поддержание, укрепление, образование.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 декабря 2018 года № 2839-р за заслуги в области науки, образования и многолетнюю плодотворную деятельность Председатель Правительства Российской Федерации Д.А. Медведев наградил медалью Столыпина П.А. I степени почетного пре-

зидента федерального государственного бюджетного учреждения «Российская академия образования» Вербицкую Людмилу Алексеевну.

Также Распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 декабря 2018 года № 2839-р за заслуги в развитии образования и многолетний добросовестный труд объявлена благодарность Правительства Российской Федерации Гайдамашко Игорю Вячеславовичу – главному ученому секретарю президиума Российской академии образования и Малофееву Николаю Николаевичу – вице-президенту Российской академии образования.

Вклад ученых Российской академии образования оценен премиями и наградами органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Коллективу авторов: Л.А. Вербицкая, Ю.П. Зинченко, О.А. Карабанова, А.Г. Долгих (ФГБУ «Российская академия образования») Указом Мэра Москвы от 19 декабря 2018 года № 104-УМ присуждена премия города Москвы 2018 года за большой вклад в разработку системы методического сопровождения цифрового образования для педагогов образовательных учреждений города Москвы по вопросам внедрения новых технологий в обучении и воспитании детей и подростков.

Необходимо отметить вклад авторского коллектива в разработку Концепции информационной безопасности детей (утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 декабря 2015 года № 2471-р) и Концепции развития психологической службы в системе образования в Российской Федерации на период до 2025 года (утверждена Минобрнауки России от 19.12.2017 г.).

Почетной грамотой Правительства Москвы за вклад в подготовку высококвалифицированных специалистов для города Москвы и многолетний добросовестный труд (распоряжение Правительства Москвы от 22 июня 2018 года № 419-ПП) награжден академик Российской академии образования Стриханов Михаил Николаевич.

Целый ряд ученых Российской академии образования награждены ведомственными наградами федеральных органов исполнительной власти.

Приказом Минобороны России от 10 октября 2018 года № 726 медалью «За укрепление боевого содружества» Министерства обороны Российской Федерации награждены академики Российской академии образования Вербицкая Людмила Алексеевна, Ермаков Павел Николаевич, Зинченко Юрий Петрович, Чистякова Светлана Николаевна, члены-корреспонденты Российской академии образования Гайдамашко Игорь Вячеславович, Кандыбович Сергей Львович, Ковязина Мария Станиславовна.

Приказом МВД России от 22 октября 2018 года № 701 медалью «За вклад в укрепление правопорядка» Министерства внутренних дел Российской Федерации награждены академик Российской академии образования Вербицкая Людмила Алексеевна, члены-корреспонденты Российской академии образования Зотова Ольга Юрьевна и Перелыгина Елена Борисовна.

Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 9 октября 2018 года № 660-п медалью «За заслуги перед Отечеством в здравоохранении» награждена академик Российской академии образования Вербицкая

Людмила Алексеевна, нагрудным знаком «Отличник здравоохранения» – академик Российской академии образования Зинченко Юрий Петрович, благодарностью Министра здравоохранения Российской Федерации – академики Российской академии образования Кезина Любовь Петровна, Малофеев Николай Николаевич, Малых Сергей Борисович, Фарбер Дебора Ароновна, Ямбург Евгений Шоломович, члены-корреспонденты Российской академии образования Александров Юрий Иосифович, Закрепина Алла Васильевна, Каприн Андрей Дмитриевич, Цветкова Лариса Александровна.

Приказом Минпросвещения России от 22 октября 2018 года № 3/н Почетной грамотой Министерства просвещения Российской Федерации награждены академики Российской академии образования Вербицкая Людмила Алексеевна, Антонова Лидия Николаевна, Баева Ирина Александровна, Зинченко Юрий Петрович, Дубровина Ирина Владимировна, Зимняя Ирина Алексеевна, Иванников Вячеслав Андреевич, Лаптев Владимир Валентинович, Левицкий Михаил Львович, Малофеев Николай Николаевич, Ушакова Татьяна Николаевна, члены-корреспонденты Российской академии образования Балыхин Григорий Артемович, Богданов Сергей Игоревич, Иванова Светлана Вениаминовна, Каленчук Мария Леонидовна, Карабанова Ольга Александровна, Кукушкина Ольга Ильинична, Лазебникова Анна Юрьевна, Лубков Алексей Владимирович, Тихомирова Татьяна Николаевна

Благодарностью Роскомнадзора (приказ от 5 октября 2018 года № 5-к/ф) награждены академики Российской академии образования Вербицкая Людмила Алексеевна, Зинченко Юрий Петрович, член-корреспондент Российской академии образования Вартанова Елена Леонидовна.

Грамотами Рособнадзора (приказ от 12 октября 2018 года № 69/04к) награждены академики Российской академии образования Вербицкая Людмила Алексеевна, Зинченко Юрий Петрович, Дронов Виктор Павлович, Малофеев Николай Николаевич, члены-корреспонденты Российской академии образования Богданов Сергей Игоревич, Казакова Елена Ивановна, Иванова Светлана Вениаминовна.

Важнейшие результаты

Возрастные особенности функционального состояния мозга и произвольной регуляции деятельности (Возрастная нейропсихофизиология)

Авторы: Мачинская Р.И., Фарбер Д.А. (ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО»)

Проведен комплексный электроэнцефалографический анализ (ЭЭГ) функционального состояния глубинных регуляторных структур и коры головного мозга и нейропсихологический анализ функций избирательной регуляции, программирования и контроля деятельности и поведения – управляющих функций мозга (УФ) у подростков 15–16 лет. При анализе ЭЭГ паттернов глубинного происхождения у подростков 15–16 лет по сравнению с подростками 13–14 лет не выявлено существенных различий по большинству проанализированных

показателей, однако в старшей группе значимо возрастает частота паттернов гипоталамического происхождения (рис. 152А). Анализ нейропсихологических показателей (рис. 152Б) выявил значимое снижение эффективности УФ по показателям программирования, избирательной регуляции и контроля деятельности у подростков 15–16 лет.

Оценка состояния эмоционально-мотивационной сферы подростков не выявила возрастных различий по показателю понимания эмоционально-мотивационного содержания ситуаций, а также по показателю эмоционально-мотивационной регуляции поведения. Подобные изменения функционального состояния мозга и произвольной регуляции деятельности связаны с трудностями адаптации к возрастающей в старших классах средней школы учебной нагрузке и связанным с этим стрессом. Возрастная неоптимальность состояния лимбических систем эмоционально-мотивационной регуляции остается в большинстве случаев значительной (31%), так же, как у подростков 13–14 лет (32%).

В области фундаментальной науки полученные результаты дают дополнительные знания о гетерохронии развития мозговых механизмов познавательной деятельности и поведения в онтогенезе и роли различных регуляторных систем мозга в обеспечении отдельных компонентов произвольной регуляции когнитивных функций у человека. Для психолого-педагогической практики образования важным является понимание нейрофизиологических факторов, определяющих особенности поведения и социального взаимодействия у подростков в разные периоды их развития.

Публикация:

Захарова М.Н., Ломакин Д.И., Корнеев А.А, Мачинская Р.И. Взаимосвязь между индивидуальными особенностями управляющих функций мозга и проблемами в регуляции поведения подростков // Восьмая международная конференция по когнитивной науке: Светлогорск, 18–21 октября 2018 г. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2018. С. 403-405. <https://cogconf.ru/materialy-konferentsii/Abstracts%202018.pdf>

Природа ковариации невербального интеллекта и зрительно-пространственной памяти (Когнитивная психология)

Авторы: С.Б. Малых, Т.Н. Тихомирова, В.И. Исмагуллина, И.А. Воронин, И.М. Захаров (Психологический институт РАО)

Интеллект и зрительно-пространственная память являются важнейшими показателями когнитивного развития, которые связаны с успешностью человека на всем протяжении жизни. В ходе научно-исследовательской работы изучалась специфика взаимосвязей между показателями невербального интеллекта и зрительно-пространственной памяти на всем протяжении подросткового возраста.

Для оценки невербального интеллекта использовался тест «Стандартные прогрессивные матрицы» (Равен, Корт, Равен, 2009), а для оценки зрительно-пространственной памяти – тест «Узнавание зрительно-пространственных стимулов, SRM» компьютеризированной нейропсихологической

батареи ‘Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery’ (CANTAB, CANTABeclipse, 2006). Статистический анализ данных выполнялся с помощью языка программирования R 3.4.0 (R Core Team, 2017), для графического изображения результатов применялись пакеты ‘Yarr’ и ‘lm.beta’. За текущий год собраны данные у 594 школьников подросткового возраста, из них у 414 одиночнорожденных детей и 90 близнецовых пар (180 человек) в возрасте 10–17 лет. Одиночнорожденные участники были разделены на три группы: 1) младшие подростки (107 человек в возрасте 10–11 лет, среднее значение возраста = 10,5; 37,4% мальчиков), 2) средние подростки (226 человек в возрасте 12–14 лет, среднее значение возраста = 12,7; 43,8% мальчиков), 3) старшие подростки (81 человек в возрасте 15–17 лет, среднее значение возраста = 15,7; 41,9% мальчиков).

Анализ результатов показал статистически значимый эффект ($\eta^2 = .011$) возраста для времени ответа в заданиях на зрительно-пространственную память, в то же время значимых половых различий не обнаружено ни для одного из анализируемых показателей зрительно-пространственной памяти.

Анализ взаимосвязей показателей зрительно-пространственной памяти и невербального интеллекта выявил статистически значимую взаимосвязь между показателем невербального интеллекта и точностью узнавания зрительно-пространственных стимулов (рис. 153). Выявленные взаимосвязи ставят вопрос об их природе, то есть о роли генетических и средовых факторов в ковариации этих двух конструкторов.

Понимание природы когнитивных функций и их взаимосвязей имеет не только теоретическое, но и важное практическое значение, поскольку когнитивные функции лежат в основе успешности каждого человека в современном технологическом мире.

Публикации:

Tikhomirova T. The Effect Of Visual Properties On Numerical Judgments In Ans Tasks / Y. Kuzmina, T. Tikhomirova, S. Malyk // The European Proceedings of Social & Behavioral Sciences EpSBS, ICPE 2018, V. XLIX. – Pp. 338-351. – 0,9 п.л. – <https://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2018.11.02.37>.

Ismatullina V. The relationship between nonverbal intelligence and spatial working memory in the adolescence / V. Ismatullina, I. Zakharov, S. Malykh // International Journal of Psychophysiology. – 2018. – Vol. 131 (10). – P. 83. – ISSN 0167-8760.

Проект концепции развития образования обучающихся с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) на период до 2030 года (Коррекционная педагогика)

Авторы: Гончарова Е.Л., Никольская О.С., Кукушкина О.И., Карабанова О.А., Коробейников И.А., Кантор В.З. (Институт коррекционной педагогики РАО)

Актуальность проекта определяется необходимостью разработки стратегии развития образования обучающихся с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья с учетом современных запросов педагогической и со-

циальной практики. Цель проекта – определение перечня и содержания новых приоритетных задач реконструкции данной области образования, основывающейся на результатах научных исследований последних десятилетий в области специальной психологии и коррекционной педагогики.

Впервые на всех уровнях образования определены и системно представлены ориентиры в развитии, воспитании и обучении детей с ОВЗ от рождения до взрослого возраста. Обосновано введение нового уровня образования (от рождения до 3 лет), позволяющего принципиально изменить стартовые возможности детей группы биологического и социального риска, разных категорий детей с ОВЗ и инвалидностью, сократить число детей с выраженными нарушениями развития и увеличить число детей, способных получать полноценное образование в инклюзивной форме.

Доказана необходимость разработки психолого-педагогической типологии детей с ОВЗ для каждой нозологической группы и каждого возрастного этапа развития как основы дифференциации вариантов образования детей с ОВЗ. Оцениваются риски использования в системе образования исключительно медицинской типологии детей с ОВЗ, игнорирующей вторичные нарушения развития, являющиеся основным объектом психолого-педагогической профилактики и коррекции. Показана необходимость дальнейшей разработки понятия «особые образовательные потребности» применительно к каждой нозологической группе, каждому типологическому варианту и возрастному этапу развития этих детей.

Впервые обосновывается необходимость определения особых образовательных потребностей родителей детей с ОВЗ, способствующих уточнению их роли на каждом уровне образования. Показана актуальность разработки содержания, методов и средств оценки качества формирования жизненной компетенции у детей с ОВЗ на всех уровнях образования для каждой нозологической группы и каждого типологического варианта развития. Отмечена необходимость обеспечения информационной безопасности ребенка с ОВЗ в виртуальном цифровом пространстве с одновременной организацией его жизни, впечатлений, переживаний, способных конкурировать с впечатлениями и «жизнью» в сети Интернет.

В качестве важнейшей профессиональной задачи специалистов выделяется поддержание эмоциональной стабильности ребенка с ОВЗ как условия предупреждения его агрессивного или аутоагрессивного поведения.

Перспективы развития профессионального образования лиц с ОВЗ связываются с обеспечением преемственности в формировании адекватных мотивационных установок и социально-поведенческих качеств, необходимых для профессиональной самореализации, а также с возможностями повышения качества работы по профессиональной ориентации. Как условия реализации разработанной Концепции рассматривается необходимость в специальных исследованиях, а также пересмотр содержания и форматов подготовки специалистов. В зоне кратковременных прогнозов, связанных с внедрением Концепции – первичная реконструкция представлений специалистов о целях и

возможностях образования инвалидов и обучающихся с ОВЗ. В долгосрочном прогнозе – принципиальное изменение качества их социализации и социальной интеграции.

Принят к публикации специальный номер сетевого научно-методического журнала Альманах Института коррекционной педагогики, посвященный разработанному проекту Концепции развития образования детей с ОВЗ и инвалидностью на всех уровнях образования.

ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОГО ИСКУССТВА

За отчетный период сотрудниками и членами Российской академии художеств была продолжена реализация целого ряда научно-исследовательских, научно-образовательных, а также культурно-просветительских программ, которые объединили усилия специалистов России разного профиля в разработке и систематизации новых направлений теоретических и практических фундаментальных знаний в области изобразительного искусства - живописи, графики, скульптуры, декоративного, театрально- и кинодекорационного искусства, а также архитектуры, дизайна, искусства фотографии, новых художественных течений.

Выставочные проекты - важная часть деятельности Российской академии художеств. Подобные проекты являются не только формой мониторинга состояния отечественного изобразительного искусства, но и значимой составляющей программы фундаментальных научных исследований Российской академии художеств с учетом ее отраслевой специфики (члены Академии художеств наряду с искусствоведами - архитекторы, дизайнеры, живописцы, скульпторы, графики, художники театра, мастера декоративного искусства), а также материалом для научного осмысления современных культурных процессов. Вследствие этого факта регулярная и интенсивная выставочная деятельность является одним из определяющих показателей успешных результатов работы.

За отчетный период результаты научных исследований сотрудников Российской академии художеств, а также академиков и членов-корреспондентов были опубликованы в целом ряде статей и научных изданий, посвященных актуальным проблемам изучения российского и зарубежного искусства разных эпох.

Научные исследования в РАХ проводились по девяти основным утвержденным направлениям. В рамках этих направлений были получены, в частности, следующие результаты (рис. 154).

В рамках направления *«Методология и теория исторического процесса развития изобразительного искусства и архитектуры»* необходимо отметить следующее:

Монография. Тотлебен. К 200-летию со дня рождения. В двух томах. Координаторы проекта: Д.О. Швидковский – академик РАХ, Л.Л. Санкина –

директор издательства «Архитектура-С». Ревзина Ю.Е., Панухин П.В., Белик Ю.Л., Смирнов А.А. – М.: «Архитектура-С», 2018. – 408 с., илл. (область наук – архитектура, искусствознание и художественная критика).

Научное издание посвящено выдающемуся российскому военному инженеру, герою обороны Севастополя, автору многочисленных укреплений рубежей Российской империи графу Э.И. Тотлебену (1818–1884), чей 200-летний юбилей отмечается в нынешнем году. В книге представлены материалы, связанные с его биографией, ролью в развитии военно-инженерного искусства России. Богатый иллюстративный ряд содержит значительное число архивных материалов, публикуемых впервые. Издание рассчитано как на специалистов, так и на широкий круг читателей, интересующихся историей Отечества.

Кривцун О.А. Основные понятия теории искусства: Энциклопедический словарь. – М.; СПб.: Центр гуманитарных инициатив, 2018. – 448 с. (область наук - искусствознание и художественная критика).

Энциклопедический словарь представляет собой исследовательский проект, целью которого является представление адекватного инструментария современной теории искусства, ее категорий и понятий. Последнее столетие значительно обогатило лексикон искусствоведения, эстетики, философии искусства; выявило новую теоретическую проблематику искусства, новые профили художественного языка, обосновало множество подходов к их исследованию. Все это – в поле зрения автора энциклопедического словаря. Данный словарь является не столько классическо-академическим, сколько поисковым, исследовательским. Академическая строгость формулировок сочетается с увлекательным стилем изложения.

Главный редактор и автор проекта «Humanitas» С.Я. Левит, заместитель главного редактора И.А. Осиновская.

Книга предназначена как специалистам в области искусствознания, студентам гуманитарных вузов, так и широкому кругу читателей, ощущающих потребность в самообразовании.

Сборник статей Международной научной конференции XXVIII Алпатовские чтения История искусства в России – XX век, посвященной отечественной истории искусства в XX веке, представляет исследования ведущих специалистов в области теории и истории изобразительного искусства (область наук – искусствознание и художественная критика).

Конференция была приурочена к 260-летию Российской академии художеств и 70-летию Научно-исследовательского института теории и истории изобразительных искусств РАХ. Важнейшая цель проведения конференции состояла в анализе основных тенденций, определивших развитие искусствovedческой науки в России в XX столетии. Поэтому представляемые статьи участников научного форума, которые опубликованы в вышеуказанном сборнике, являют собой одну из первых попыток осмысления процесса развития отечественного искусствознания в XX веке, оценки его соотношения с мировой

наукой об искусстве. Материалы конференции послужат стимулом для развития актуальных для отечественного искусствознания исследований, особенно важным аспектом является интеграция молодых исследователей в очерченное научное поле с тем, чтобы обозначенные явления и проблемы стали предметом глубокого научного анализа.

Научный руководитель проекта Д.О. Швидковский, академик РАХ, вице-президент РАХ. Составители: Д.О. Швидковский Е.О. Романова член-корреспондент РАХ. Научный редактор - Е.О. Романова.

Астраханцева Т.Л. Победа. Стил ь эпохи. 1945–1955. Альбом «Победа. Стил ь эпохи» создан на основе материалов одноименной историко-художественной выставки, посвященной 65-летию победы в Великой Отечественной войне (7.05.–15.09.2010), (область наук – живопись, скульптура, графика, декоративное искусство, театрал ьно-и кинодекорационное искусство, искусствознание и художественная критика).

Выставочный проект был осуществлен Центральным музеем Великой Отечественной войны на Поклонной горе совместно с Постоянным комитетом Союзного государства России и Белоруссии с участием более двадцати ведущих музейных культурных учреждений Российской Федерации и Республики Беларусь. На выставке было показано около 1000 экспонатов. Впервые масштабно и ярко представлено послевоенное искусство как отдельный феномен национальной культуры, как отражение уникального времени – времени победителей. Материалы выставки легли в основу исследования, опубликованного в рамках подготовки альбома.

В рамках направления: *«Анализ актуальных процессов развития современной художественной культуры»:*

ИСКУССТВО и ВЛАСТЬ: материалы Международной научно-практической конференции / под ред. К.В. Худякова, С.А. Кузнецовой. – Саратов: Амирит. 2018. – 398 с., илл. (область наук – живопись, скульптура, графика, декоративное искусство, театрал ьно-и кинодекорационное искусство, искусствознание и художественная критика, фотоискусство и мультимедийные технологии).

Редакционная коллегия: К.В. Худяков, Т.А. Гаранина, О.А. Кошкин, О.А. Кривцун, С.А. Кузнецова, И.П. Сосновская, И.И. Бондаренко, Н.А. Сломова.

В сборнике публикуются материалы Пятой международной научно-практической конференции «Искусство и власть», прошедшей в Саратове 19-21 октября 2017 года при поддержке Министерства культуры Российской Федерации, Правительства Саратовской области и Министерства культуры области на базе Поволжского отделения РАХ. Конференция организована в рамках программы празднования 260-летия Российской академии художеств.

Коллективное исследование объединило ученых Российской академии художеств, Поволжского отделения Российской академии художеств, Европейского центра изобразительных искусств, Европейского фонда славянской письмен-

ности и культуры (Братислава, Словакия). Московской государственной художественно-промышленной академии им. С.Г. Строганова, Московского музея современного искусства, Творческого союза художников России, Саратовского государственного художественного музея имени А.Н. Радищева, Саратовского художественного училища имени А.П. Боголюбова и др.

Среди основных проблем исследования важно отметить следующие направления: Российская академия художеств в контексте структурных преобразований, творчество как метод научного исследования, инновационные модели художественного образования, особенности развития техник и технологий в изобразительном искусстве, политизация искусства, власть и среда, стратегии и практики институций современного искусства. Впервые ряд исследований в рамках темы «Революции, перевороты и новые языки искусства» был посвящен следующей проблематике: появление новых языков в искусстве, современное искусство в театре и кино, опыты формирования новых культурных пространств, тема юбилея Революции в художественных проектах. Эти и другие вопросы нашли отражение в научных материалах участников конференции.

Для художников, специалистов в области искусствоведения, культурологии, преподавателей художественных и полиграфических вузов и ссузов, всех интересующихся судьбами искусства.

XI Сибирские искусствоведческие чтения «Сибирский пейзаж: от топа к типу, от мотива к художественному образу». Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции 4-5 октября 2018 года в рамках Межрегиональной художественной выставки пейзажа «Родина-Сибирь» / Редактор-составитель, куратор В. Ф. Чирков. – Красноярск: ООО «Издательство Поликор», РО УСДВ РАХ в Красноярске, 2018. – 224 с, ил. (область наук – живопись, искусствознание и художественная критика).

Сборник XI Сибирских искусствоведческих чтений «Сибирский пейзаж: от топа к типу, от мотива к художественному образу» включает тексты, посвященные вопросам теории, истории и современным практикам в жанре пейзажа. Межрегиональная выставка «Родина – Сибирь», как и тематические искусствоведческие чтения, проводятся впервые за всю историю существования сибирского пейзажа в структуре российского искусства XVIII–XXI вв. Включенные в сборник материалы и иллюстративный материал отвечают перспективам изучения ведущего жанра в сибирском искусстве.

Для художников, специалистов в области искусствоведения, культурологии, преподавателей художественных вузов и училищ, всех интересующихся изобразительным искусством.

Альбом. Живописная Россия. Ставрополь, Смоленск, Москва. По материалам Межрегиональной передвижной выставки. Российская академия художеств, Поволжское отделение РАХ, Творческий Союз художников России при участии Министерства культуры Ставропольского края, при поддержке Министерства культуры Российской Федерации. Альбом представляет собой

мониторинг состояния отечественной живописи, знакомит с основными тенденциями ее развития. Материалы научных статей посвящены анализу российской живописной школы, особенностям развития живописи в XX веке, роли академической школы, традиций в формировании современного живописного языка. Руководители проекта: Е. Ромашко, К. Петров. М., 2018.

Альбом адресован как специалистам, так и широкой аудитории.

Альбом. Изобразительное искусство Чеченской Республики / Т.И. Бойцова (область наук – искусствоведение и художественная критика). Российская академия художеств, Всероссийская творческая общественная организация «Союз художников России». Подготовлена к печати по решению правления Чеченского регионального отделения ВТОО «Союз художников России», председатель - В.О. Умарсултанов, заслуженный художник Российской Федерации, народный художник Чеченской Республики, член-корреспондент Российской академии художеств, секретарь ВТОО «Союз художников России». Автор Т.И. Бойцова, искусствовед, заслуженный деятель искусств Российской Федерации. Составители: В.О. Умарсултанов, Т.И. Бойцова.

Научно-исследовательский материал впервые представляет всесторонний анализ изобразительного искусства Чеченской Республики, демонстрирует своеобразие пластического языка, синтез национальных традиций, академической школы и современных тенденций. Для художников, специалистов в области искусствоведения, культурологии, преподавателей художественных вузов и училищ, широкого круга читателей.

Художник-пейзажист Е.И. Зверьков и живописные традиции Тверского края: материалы науч.-практ. Конференции - Тверь: Твер. гос. ун-т, 2018. – 119 с. Редакционная коллегия: Н.И. Гусева Л.В. Ширшова (область наук – живопись, искусствоведение и художественная критика).

Материалы научно-практической конференции, посвященной творчеству Ефрема Ивановича Зверькова, народного художника СССР, академика, лауреата Государственных премий, несомненно, заинтересуют всех ценителей искусства. Материал, посвященный исследованию творческого метода одного из выдающихся живописцев второй половины XX века является не только значимым вкладом в изучение истории отечественного изобразительного искусства, но и примером исследования возможных трансформаций академической школы при формировании индивидуального почерка художника.

Для художников, специалистов в области искусствоведения, преподавателей художественных вузов и училищ, всех интересующихся историей искусства.

В рамках направления: *«Дизайн и технологии: эволюция среды обитания человека»*:

Альбом. Андрей Бобыкин. METALLIUM². Москва, 2018 г. (область наук – дизайн, живопись, скульптура, графика, декоративное искусство).

Материалы альбома знакомят с примерами современного художественного проектирования и монументального искусства, декоративно-прикладного искусства, реставрации, художественных работ из металла, промышленного дизайна, живописи. Наглядно демонстрируются актуальные тенденции и основные проблемы развития современного отечественного дизайна, аспектов синтеза искусств.

Альбом адресован как специалистам, так и широкой аудитории.

Альбом. Мировые традиции. Взгляд в прошлое. Москва 2018. Российская академия художеств, Международная ассоциация «Союз дизайнеров», Творческий союз художников России, секция дизайна (область наук – живопись, скульптура, графика, декоративное искусство).

По материалам прошедшего 17–19 октября 2018 года на ВДНХ, в павильоне №69 состоялась презентация «Москва-Проекта», разработанного и подготовленного Отделом дизайна и новейших художественных технологий Отделения дизайна Академии художеств при поддержке Отдела Научно-организационного управления по координации фундаментальных научных исследований и инновационных проектов Российской академии художеств.

Руководители проекта: президент Российской академии художеств З.К. Церетели вице-президент Российской академии художеств и академик-секретарь Отделения дизайна Российской академии художеств, почетный президент Международной ассоциации «Союз дизайнеров», заслуженный художник Российской Федерации А.Л. Бобыкин. Кураторы проекта: член-корреспондент РАХ, начальник отдела дизайна и новейших художественных технологий И.Э. Долматова, академик РАХ, заместитель начальника отдела дизайна и новейших художественных технологий РАХ, заслуженный художник И.В. Мурадова.

В работе над реализацией проекта принимали участие: академик-секретарь Отделения скульптуры РАХ народный художник Российской Федерации А.В. Цигаль, академик РАХ, советник Отделения скульптуры, заслуженный деятель искусств Российской Федерации Л.В. Ширшова, академик-секретарь Отделения живописи РАХ народный художник Российской Федерации Е.Н. Максимов, консультант Отделения живописи, член-корреспондент РАХ заслуженный работник культуры С.Г. Маслакова, академик-секретарь Отделения декоративного искусства РАХ народный художник Российской Федерации Л.И. Савельева, консультант Отделения декоративного искусства РАХ А.К. Шелгунова, академик-секретарь Отделения графики РАХ народный художник Российской Федерации А.И. Теслик, консультант Отделения графики РАХ Н.Е. Григорьева.

Проект направлен на мониторинг современного состояния отечественного визуального искусства, интеграции дизайна и традиционных форм визуальной образности в контексте окружающего человека пространства.

Научный материал адресован как специалистам, так и широкой аудитории.

В рамках направления: *«Изобразительное искусство в контексте современного гуманитарного образования»*:

С.П. Ломов, Н.Ф. Ломова. История и теория методов обучения рисованию в школах России. М., 2018. (область наук – искусствоведение и художественная критика).

Монография посвящена историческим, теоретическим и методологическим аспектам художественного образования России. В нем раскрываются специфика и методика преподавания изобразительного искусства в школе, прослеживаются основные этапы развития этого учебного предмета, раскрывается роль Императорской академии художеств в разработке методов обучения рисованию, отражаются основные направления развития и проблемы изобразительного искусства в современной школе.

Адресовано художникам, педагогам, искусствоведам, обучающимся образовательных организаций художественного и педагогического профиля, а также широкому кругу читателей, интересующихся вопросами изобразительного искусства и художественного образования.

Авторы: академик РАО, почетный академик РАО д.п.н., профессор С.П. Ломов, академик РАО, к.п.н., доцент Н.Ф. Ломова.

Исаев П.Н. История гжельского художественного промысла: Фарфоро-фаянсовые заводы Храпуновых (1815–1917): Учебное пособие. (область наук – декоративное искусство, искусствоведение и художественная критика).

В учебном пособии освещается история фарфоро-фаянсовых предприятий семьи Храпуновых в деревне Кузьево Богородского уезда Московской губернии. На основе литературных и архивных источников рассматривается эволюция производства от ремесленной мануфактуры к заводу, основанному на капиталистических принципах хозяйствования. Показывается место завода в системе ведущих предприятий Гжельского керамического района. Уточняются сведения о заводе Храпуновых, изложенные в ранних публикациях по истории Гжели.

Пособие предназначено для студентов и преподавателей художественно-промышленных вузов и колледжей.

В рамках направления: *«Интеграция научного и творческого знания в процессе сохранения культурного и духовного наследия»*:

Современный музей и частное коллекционирование: пути развития. Научно-практическая конференция; под. ред. Е.О. Романовой. – Ярославль: Изд-во «Российские справочники», 2018. – 220 с. (область наук – искусствоведение и художественная критика).

Научные рецензенты: Вяжевич М.В. – академик РАО, кандидат искусствоведения, Кочемасова Т.А. – академик РАО, кандидат искусствоведения, Мухина Н.Н. – академик РАО, кандидат искусствоведения.

В сборник включены статьи, посвященные вопросам современного музееведения и коллекционирования. Издание осуществлено по итогам одноимённого

ной конференции, которая с успехом прошла в сентябре 2016 года. Значимость изданию придаёт публикация неизвестных и мало изученных материалов. Редактор - академик РАХ Е.О. Романова.

Научный материал адресован как специалистам, так и широкой аудитории.

История музейной коллекции: коллективная монография: [материалы научной конференции «История музейной коллекции». К 260-летию Музея Академии художеств. 2018 г.]. Вып. 1 / [научн. ред. заместитель директора по научной работе Научно-исследовательского музея при РАХ, кандидат искусствоведения, член-корреспондент РАХ В.-И.Т. Богдан.]. – Санкт-Петербург: ООО «КультИнформПресс», 2018. – 170 с.

Министерство культуры Российской Федерации, Научно-исследовательский музей при Российской академии художеств, Научный архив Центра научных учреждений Российской академии художеств.

В коллективной монографии «История музейной коллекции» освещаются вопросы истории формирования коллекции Научно-исследовательского музея при РАХ. Публикуются материалы научной конференции «История музейной коллекции. К 260-летию Музея Академии художеств» 2018 года.

Научный редактор: заместитель директора по научной работе Научно-исследовательского музея при РАХ, кандидат искусствоведения, член-корреспондент РАХ В.-И.Т. Богдан. Научный рецензент: директор Научного архива Центра научных учреждений РАХ, кандидат искусствоведения, член Союза художников России В.Б. Казарина. Редактор: В.Б. Казарина.

В рамках направления: *«Искусство и наука в современном мире»*:

Альбом. Проект «ANTINOMIA / реальность наизнанку». Экспериментальной творческой мастерской Поволжского отделения Российской академии художеств и Творческого союза художников России (область наук – новейшие художественные течения).

Целью данного проекта является показ феномена абстрактной фотографии в общем контексте абстрактного искусства. Участники проекта использовали различную фототехнику – от пленочных форматных камер до смартфонов и новейших цифровых технологий, что позволяет расширить представление о возможностях фотографии на разных этапах ее развития и показать бесконечное многообразие визуального языка повествования. Итогом работы над проектом стали визуальные образы, созданные и построенные на четко сформулированном каждым автором отношении к объекту изображения, а отсюда и в целом к окружающей реальности.

Альбом адресован как специалистам, так и широкой аудитории.

Портрет в эпоху селфи. Проблемы идентичности в изобразительном искусстве: Сборник статей по материалам межрегиональной научно-практической конференции МОСХ России, Москва / Под ред. Н.И. Аникиной и П.Н. Радимова. М., И.П. Павлов, 2018. – 144 с. (область наук – искусствоведение и художественная критика).

В сборник вошли статьи участников межрегиональной научно-практической конференции «Портрет в эпоху селфи. Проблемы идентичности в изобразительном искусстве», состоявшейся 17 мая 2018 года.

В исследованиях авторов рассмотрены история развития и современные дискурсы портретного жанра, влияние на общество и искусство новых технологий, значение портрета, как средства манифестации эстетических и этических воззрений художников. Авторы статей анализируют общие тенденции портретного жанра, стилевые особенности портрета разных эпох и в разных видах искусства, портретное творчество ярких художников нового времени.

Издание адресовано искусствоведам, музейным работникам, преподавателям и студентам, а также широкому кругу читателей, интересующихся проблемами идентичности в искусстве.

В рамках направления: *«Искусство, наука, религия: пути познания и формы интеграции в пространстве культуры»*:

Слюнькова И.Н. Церковь Спаса Нерукотворного образа в Усове и Елисаветинский крестный ход (область наук – архитектура, искусствознание и художественная критика).

Книга посвящена созданию церкви Спаса Нерукотворного Образа (Рублево-Успенское шоссе, 101, Усово, Московская область). Она наследует старинному храму имения Ильинское и Усово, на протяжении второй половины XIX–начала XX века, принадлежавшего царской семье – Александру II и императрице Марии Александровне, великому князю Сергею Александровичу и великой княгине Елизавете Федоровне.

Раскрываются дела и события, связанные с возвращением исторической памяти и нарастающим в обществе почитанием святой преподобномученицы великой княгини Елизаветы Федоровны. Центральное место отводится возрождению Елисаветинского крестного хода, который совершается в пределах земель знаменитых усадеб. Приводится план-схема с указанием сохранившихся памятников и застройке Ильинского и Усова по пути следования крестного хода.

М.: Елисаветинско-Сергиевское просветительское общество, 2018. Издание адресовано как специалистам, так и широкой аудитории.

Монография. Византия. Ru/ Российская академия художеств и современное религиозное искусство России. Автор-составитель – Н.Н. Мухина. – Ярославль: Изд-во «Российские справочники», 2018 (область наук – живопись, скульптура, графика, искусствознание и художественная критика).

В данном издании раскрывается значимая роль Российской академии художеств в деле возрождения и развития религиозного искусства в России, рассматриваются примеры творческого поиска наиболее известных художников, прослеживаются основные тенденции и направления. Монография дает представление о разносторонней деятельности Российской академии художеств, о творческом развитии традиций византийской культуры в различных видах современного искусства.

«Взгляд через столетие. Октябрьская революция 1917 года и ее последствия в истории религиозной жизни России и Финляндии» (область наук – искусствоведение и художественная критика). Материалы международной научной конференции 25 ноября 2017 года / отв. ред. В.Б. Казарина. – СПб.: Изд-во «КультИнформПресс», 2018.

В сборнике представлены материалы международной научной конференции «Взгляд через столетие. Октябрьская революция 1917 года и ее последствия в истории религиозной жизни России и Финляндии». В конференции приняли участие ученые, преподаватели ВУЗов, специалисты-практики, представители православных монастырей, общественных организаций и учреждений культуры, науки и образования Санкт-Петербурга, Москвы и других регионов Российской Федерации, а также зарубежных государств.

Многоаспектность представленных докладов и статей адресована широкому кругу: преподавателям высших и средних учебных заведений, научным работникам, а также аспирантам и студентам.

Ю.Р. Савельев. «Византийский стиль» в архитектуре России. Вторая половина XIX – начало XX века: Альбом. – СПб.: «Лики России». 2018. - 272 с. (область наук – архитектура, искусствоведение и художественная критика). Автор-составитель Ю.Р. Савельев.

В книге впервые рассказывается об эволюции «византийского стиля» в церковной архитектуре Российской империи второй половины XIX – начала XX века. На многочисленных примерах показано возникновение стиля в эпоху Александра II, его становление в творчестве Д.И. Гримма, В.А. Шретера, Р.И. Кузьмина, А.А. Парланда и других архитекторов; развитие в царствование Александра III, когда были построены грандиозные кафедральные соборы многих российских городов и работали архитекторы нового поколения – В.А. Косяков, Н.Н. Никонов, А.О. Бернардацци, А.А. Ященко и др. Высшие достижения «византийского стиля» создавались в период правления Николая II. В начале XX века в эволюции стиля стало заметно влияние модерна. Альбом содержит более 400 иллюстраций.

В рамках направления: *«Особенности развития техник и технологий в изобразительном искусстве, архитектуре, дизайне: история и современность»*:

Альбом. Монументальное искусство ММХVIII (область наук – скульптура).

Монументальное искусство ММХVIII – альбом про художников-монументалистов. В книге собраны творческие работы разных лет: среди них уже реализованные объекты и законченные циклы, проекты, задуманные еще в институте и новые достижения в профессии. Альбом фиксирует существующее положение в отрасли монументального искусства среди молодых художников. Руководителем и куратором данного проекта является Александр Иулианович Рукавишников. При отборе участников для публикации основным критерием можно назвать

работу в материале: камень, металл, дерево, стекло, различные смешанные техники, мозаика и фреска. Вошедшие в сборник авторы – это практикующие художники, имеющие опыт взаимодействия с общественным пространством, они адаптированы к современным условиям и способны решать задачи различного характера и уровня сложности. Поволжское отделение РАХ. Москва, 2018.

Альбом адресован как специалистам, так и широкой аудитории.

Альбом. Декоративное искусство к выставке художников – членов Отделения ДИ. Российская академия художеств. Музейно-выставочный комплекс РАХ. Москва 29 мая – 24 июня 2018 (область наук – декоративное искусство).

Руководитель проекта Л. Савельева. Составители: Ф. Ибрагимов, Ю. Мерзликина. Фотоматериалы предоставлены художниками. Альбом представляет многоплановое исследование актуальных процессов развития современного декоративного искусства, особенностей развития технологий и роли традиций в формировании новой визуальной изобразительности.

Альбом адресован как специалистам, так и широкой аудитории.

В рамках направления: *«Гуманистические основы и социальные функции искусства»*:

Якупов А.Н., Благирева Е.Н. Доступность культурных благ для инвалидов в Российской Федерации в 2017 году: Научное исследование. // А.Н. Якупов, Е.Н. Благирева. – М.: Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА». 2018 – 546 с. Рецензенты: Г.У. Лукина, доктор искусствоведения, А.А. Володин, доктор педагогических наук (область наук – искусствоведение и художественная критика).

Исследование посвящено анализу результатов мониторинга по обеспечению доступности культурных благ для инвалидов в Российской Федерации в 2017 году, осуществленного по поручению Министерства культуры Российской Федерации.

Работа предназначена для руководителей органов управления культурой субъектов Российской Федерации, организаций отрасли культуры, образовательных, научных и общественных организаций, а также может быть использована при проведении курсов повышения квалификации и переподготовки работников сферы культуры и искусства.

Альбом. Международный выставочный исследовательский проект ВЕЛИКИЙ ШЕЛКОВЫЙ ПУТЬ ЯНЦЫ/ВОЛГА/ДУНАЙ (область наук – живопись, скульптура, графика, декоративное искусство, театральное и кино-декорационное искусство, искусствоведение и художественная критика, фотоискусство и мультимедийные технологии).

Руководитель и автор проекта академик К.В. Худяков.

Среди актуальных задач коллективного научно-творческого проекта – расширение представления о национальном своеобразии и творческих общностях

в отечественном и мировом искусстве, изучение и осмысление роли российского искусства в мировом процессе художественного развития, исследование феномена диалога культур.

Альбом адресован как специалистам, так и широкой аудитории.

Альбом. Нестеренко В.И. Россия – Сирия. Новое время (область наук – живопись, скульптура).

Альбом «Василий Нестеренко. Россия – Сирия. Новое время» – это творческий отчет народного художника В.И. Нестеренко о командировке в Сирийскую Арабскую Республику. В издание вошли произведения: «Сирийская земля» и монументальная картина «Письмо недругам России», а также многочисленные эскизы, натурные зарисовки. Материалы альбома наглядно демонстрируют пример виртуозной работы с натуры, на пленэре, но и раскрывают гуманистические идеи современного искусства, призванного рассказывать о событиях современности языком изобразительного искусства.

Альбом адресован как специалистам, так и широкой аудитории.

Альбом к выставке картин корейских художников «Философия корейской культуры в пространстве современного искусства» (область наук – живопись, новейшие художественные течения).

Выставка прошла в рамках «Осеннего Фестиваля корейской культуры в России 2018», 11 сентября – 7 октября 2018 года. В экспозиции выставки представлено около тридцати работ ярких представителей современного корейского искусства.

Вслед за выставочным проектом, альбом раскрывает своеобразие традиций и пути современного развития искусства Южной Кореи. Впервые знакомит с актуальными тенденциями корейского современного изобразительного искусства в контексте интеграции традиционного искусства в ткани современной визуальной изобразительности.

Адресовано художникам, педагогам, искусствоведам, обучающимся образовательных организаций художественного и педагогического профиля, а также широкому кругу читателей, интересующихся вопросами изобразительного искусства и художественного образования.

Издан на русском и корейском языках. Москва, 2018.

В свою очередь фундаментальным базисом деятельности Российской академии художеств ее академики считают творческие достижения членов отделений Российской академии художеств, наиболее значимые художественные произведения и проекты (серии живописных и графических произведений, памятники, произведения декоративного искусства, художественные решения театральных постановок и др.), созданные за отчетный период. Подобные результаты творческой деятельности можно отнести к фундаментальному вкладу Академии художеств в развитие современной культуры России, наряду с достижениями фундаментальной науки об искусстве.

ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ В ВУЗОВСКОМ СЕКТОРЕ НАУКИ

Российской академией наук, в соответствии с ФЗ-253, были запрошены у 43-х ведущих вузов страны сведения о выполненных в 2018 году фундаментальных исследованиях. Как показал анализ, проведенный в отделениях РАН по областям и направлениям науки, значительное число научных результатов вузов соответствует мировому уровню. Ниже приводится некоторая часть из них.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

1. С 2015 года в МГУ выполняется **проект «Ноев ковчег»**, посвященный исследованию, сохранению и полезному использованию биологического разнообразия. Научная часть проекта в 2015–2018 гг. финансировалась Российским научным фондом в рамках грантовой поддержки комплексных программ развития научных организаций.

За время работы над проектом коллективом исполнителей (около 350 человек) было опубликовано более 1000 статей в научных журналах, из них более 200 в журналах первого квартиля Web of Science. Научная результативность проекта превышает средние значения по России по науке в целом в несколько раз, а по биокolleкционным наукам – более чем в 10 раз. Это стало возможным благодаря созданию в рамках проекта уникального объекта инфраструктуры – Цифрового депозитария живых систем МГУ (<https://depo.msu.ru>). Все биологические образцы, как вновь собранные, так и уже хранящиеся в коллекциях Московского университета, подвергаются унифицированной процедуре паспортизации, и информация о них заносится в информационно-аналитическую систему (АИС) проекта. Сегодня в АИС загружена информация более чем о 1 100 000 биологических образцах всех возможных типов из коллекций МГУ. Цифровой депозитарий уже стал важнейшим инфраструктурным инструментом ученых МГУ, существенно повысившим уровень научных исследований, который сегодня напрямую зависит от количества используемых в работе биологических образцов и от их доступности. С каждым днем растет число обращений внешних организаций, благодаря АИС получивших доступ к базе данных биокolleкций МГУ, стремящихся проводить совместные исследования с их использованием.

Таким образом, Цифровой депозитарий живых систем МГУ способен стать всероссийским (в перспективе – и мировым) центром притяжения передовых научных исследований в области биологического разнообразия и наук о жизни в целом.

2. Группа учёных МГУ обнаружила **новое свойство теломеразной РНК**. Это один из ключевых компонентов клеточного фермента – теломеразы. Оказа-

лось, теломеразная РНК кодирует белок, помогающий клеткам человека сопротивляться стрессу. Открытие биохимиков поможет в борьбе с онкозаболеваниями и, возможно, приблизит создание эффективных омолаживающих средств.

В последние годы большое внимание уделяется исследованиям, посвященным старению и омоложению человеческого организма. Направление тесно связано с пониманием механизма клеточного деления и способности клеток противостоять стрессовым воздействиям, вызываемым как различными видами излучения, так и токсическими веществами или недостаточным питанием клетки. Большинство клеток способно делиться только ограниченное количество раз. Происходит это потому, что концевые участки ДНК, удваивающиеся при каждом акте деления, с каждым таким актом теряют повторяющиеся участки – теломеры. Как только их количество на конце ДНК становится критически малым, дальнейшее деление становится невозможным, клетка погибает.

Однако науке известны клетки, способные практически к неограниченному делению. Применительно к человеческому организму это эмбриональные клетки, а в случае зрелого организма такая способность есть у стволовых и раковых клеток. Как показали исследования, в их ядрах активен особый фермент – теломераза, которая достраивает теломеры на концах ДНК и таким способом неограниченно увеличивает количество циклов деления клетки. До недавнего времени считалось, что теломеразная РНК, входящая в состав теломеразы, является некодирующей, то есть не участвующей в синтезе белка в клетке.

В работе удалось показать альтернативную роль теломеразной РНК в соматических клетках человека. Она присутствует в их цитоплазме в неактивной форме и не может участвовать в наращивании теломерной ДНК, однако при этом повышение содержания теломеразной РНК в клетках влияет на их стрессоустойчивость. Оказалось, что теломеразная РНК всё-таки кодирующая, она кодирует белок, который был назван hTERP.

Биохимики искусственно повышали содержание этого белка в клетках, а затем обрабатывали их веществами, повреждающими ДНК. Оказалось, что hTERP защищает клетки от гибели в результате апоптоза (то есть распада на отдельные тельца, ограниченные мембраной), развивающегося в ответ на повреждения ДНК.

Публикации:

Protein encoded in human telomerase RNA is involved in cell protective pathways. Rubtsova M, Naraykina Y, Vasilkova D, Meerson M, Zvereva M, Prassolov V, Lazarev V, Manuvera V, Kovalchuk S, Anikanov N, Butenko I, Pobeguts O, Govorun V, Dontsova O. Nucleic Acids Res. 2018 Sep 28;46(17):8966-8977.

Санкт-Петербургский государственный университет

1. Разработана концептуальная модель профилактики социальных рисков международной миграции, основанная на методологии теории рисков и теории интеграции. Были идентифицированы и проанализированы социальные риски международной молодежной миграции в основных сферах жизне-

деятельности: трудовой занятости, здравоохранения, образования, социальной защиты и других. Разработаны рекомендации по профилактике выявленных рисков; предложенные меры могут быть использованы в процессе реформирования и реализации российской миграционной политики как государственными органами, так и органами местного самоуправления.

Концептуальная модель профилактики социальных рисков международной миграции может получить практическое использование в сферах социальной защиты, здравоохранения, образования и других социальных институтах, в которых мигранты взаимодействуют с принимающим обществом.

Усовершенствован метод анализа визуальных материалов в социологическом исследовании. Результат опубликован: «Гражданская война в России в образах визуальной пропаганды: словарь-справочник» (под ред. Е.А. Орех. СПб). (СПбГУ)

2. Разработана общая методология, основные метрические показатели оценки эффективности многосторонних платформ и типовые решения по переходу компаний к использованию многосторонних платформ. Рассмотрены ключевые аспекты исследования цифровых платформ: типология платформ, стратегия платформ, динамические возможности, платформенные бизнес-модели.

Исследования охватывают широкий спектр тем, таких как цифровое сотрудничество, бизнес-экосистемы, цепочки создания ценности и бизнес-модели платформенных организаций. Разработана таксономия категоризации платформ и практические стратегии создания и развития цифровых платформ. Представлены основные типы бизнес-моделей платформ. Разработан шаблон бизнес-модели многосторонней платформы, который используется в качестве базовой концептуальной основы и инструмента для анализа и интерпретации неценовых инструментов, используемых цифровыми платформами, особенно посредниками платформ.

Исследованы необходимые компоненты цифровых платформ, такие как технологические платформы и бизнес платформы лидерства и портфолио бизнес-моделей, управления талантами, доставки, доверия, маркетинга, и платформенные экосистемы, необходимые для поддержки успешного функционирования цифровых платформ.

Подробно проанализированы платформы больших данных, аналитики и искусственного интеллекта, интернета вещей, финтеха, поисковые платформы и блокчейн платформы.

Полученные результаты являются важным научным и практическим ресурсом для менеджеров, исследователей, ученых, практиков в области технологических инноваций, стратегий и бизнес-моделей в цифровую эпоху. (СПбГУ)

3. Исследования по реставрации памятников архитектуры в Норвегии и на Северо-Западе России

Проведено сравнительное исследование существующих ныне реставрационных подходов как в России, так и в Норвегии – странах, имеющих давние

исторические связи, схожие климатические условия, всемирно известные памятники деревянного зодчества. Проведен анализ теории и практики архитектурной реставрации и консервации в России и Норвегии со второй половины XIX столетия и вплоть до современных реставрационных проектов, реализованных в обеих странах.

Особое внимание было уделено важной и новой для историко-архитектурной науки теме сохранения относительно «новых» сооружений, относящихся к наследию XX века и по этой причине еще не снискавших безоговорочного признания как памятников архитектуры. Это массовая застройка Ленинграда эпохи Н.С. Хрущева, деревенское массовое строительство послевоенного времени, архитектура административных зданий в Осло и Бергене и др.

При существующих ныне различных трактовках и дискуссиях о методах восстановления памятников архитектуры, исследование имеет важное значение для сравнительного анализа современных реставрационных практик в России и Северной Европе, выработки соответствующих стратегий, концепций и идеологий при создании реставрационных проектов из разных материалов (дерево, кирпич, бетон) и разных функций (церковных сооружений, музейных помещений, жилых построек, государственных или офисных зданий). Это особенно важно в связи с тем, что с принятия Венецианской хартии в 1964 г. прошло более полувека, и сегодня архитектурное наследие сталкивается с новыми вызовами (например, террористический акт в Осло в 2011 г., не только унесший множество жизней, но и причинивший значительный урон памятникам архитектуры середины XX в.), или климатическими (экологическими) изменениями. Кроме того, очень важной является постановка вопроса о введении в сферу охраняемого наследия сооружений, которые раньше таковыми не воспринимались из-за отсутствия временной дистанции – это памятники советского градостроительства, советской послевоенной деревни, офисные (административные) и даже шахтерский поселок на Шпицбергене. (СПбГУ)

Публикация:

Evgeny Khodakovsky And Siri Skjold Lexau, Architectural Conservation And Restoration In Norway And Russia, London, New York - Routledge – 2018, DOI: 10.4324/9781315276205.

4. Разработаны алгоритмы автономной навигации мобильных роботов

В 2018 году в рамках задач обнаружения, локализации и сопровождения целей исследованы два сценария: 1) группа целей в трехмерном пространстве и единственный мобильный робот с задачей зачерчивания окружающего барьера вокруг основного ядра группы и 2) единичная цель и группа роботов с задачей эффективного самораспределения по окружающему барьеру. Разработаны, математически строго обоснованы и апробированы методом компьютерного моделирования алгоритмы автономной навигации мобильных роботов для обнаружения, локализации и сопровождения скоростных непредсказуемых целей при жестких ограничениях на доступные ресурсы. Автономная навигация в неизвестной среде – одна из ключевых проблем мобильной робототехники.

Алгоритмические грани проблемы остаются предметом научного вызова, частично ввиду расширения сферы применения, повышения требований к качеству результата при снижении запроса ресурсов, необходимости освоения трехмерных, непредсказуемых и динамических сред.

Разработки могут быть использованы при создании робототехнических систем для выполнения задач обеспечения безопасности, эскорта и сопровождения, мониторинга и разведки, образования многоагентных формаций, в том числе, эффективных мобильных сенсорных сетей.

Публикации:

1. A.S. Matveev and A.A. Semakova, Range-Only-Based Three-Dimensional Circumnavigation of Multiple Moving Targets by a Nonholonomic Mobile Robot, IEEE Transactions on Automatic Control, Volume 63 (2018) Issue 7, pp. 2032–2045.;

2. A.S. Matveev and K.S. Ovchinnikov, Circumnavigation of a Speedy Unpredictable Target by a Group of Speed- and Acceleration-Limited Robots, International Journal of Robust and Nonlinear Control, December, 2018, DOI: 10.1002/rnc.4427.

5. Управление ориентацией твердого тела при эволюционирующем управляющем моменте

В работе изучена проблема трехосной стабилизации углового положения твердого тела с использованием восстанавливающих и диссипативных управляющих моментов. Проанализирована возможность построения системы управления, в которой восстанавливающий момент стремится к нулю с течением времени и остается единственный управляющий момент – линейный диссипативный, не зависящий явно от времени. Рассмотрены случаи линейного и существенно нелинейного восстанавливающих моментов. С помощью прямого метода Ляпунова и метода сравнения получены условия, при которых можно гарантировать устойчивость или асимптотическую устойчивость равновесного положения тела, несмотря на исчезновение восстанавливающего момента. Эффективность аналитических результатов подтверждается численным моделированием.

Работа посвящена задаче управления угловым положением космического летательного аппарата (КЛА) с использованием восстанавливающего и диссипативного моментов. В связи с ограниченностью ресурсов реактивных систем управления, возникает закономерный вопрос о возможности реализации таких систем управления, в которых та или иная составляющая момента стремится к нулю с течением времени. С математической точки зрения, рассматриваемые варианты исчезающего с течением времени управления известны и общепризнаны в мировой науке как наиболее сложные в проблеме анализа устойчивости механических систем с нестационарным параметром. Доказана возможность реализации системы управления угловым положением КЛА, в которой один из двух управляющих моментов стремится к нулю с течением времени. Апробирован новый, не применявшийся ранее подход к анализу устойчивости управляемого движения КЛА относительно

но центра масс. В известных к настоящему времени работах, для решения задачи трехосной стабилизации в случае не зависящего от времени диссипативного момента использовались параметры Родрига-Гамильтона. Однако применение такого подхода для систем с эволюционирующим со временем диссипативным моментом является недостаточно эффективным и приводит к серьезным техническим трудностям в аналитических исследованиях. Разработан новый подход, основанный на специально доказанной для этой цели лемме об оценке снизу нормы восстанавливающего момента в окрестности стабилизируемого движения твердого тела. В результате, с использованием метода сравнения, метода функций Ляпунова и вышеупомянутой леммы доказан ряд теорем об асимптотической устойчивости стабилизируемого движения КЛА. Доказанные теоремы позволяют гарантированно решать задачу управления ориентацией КЛА в условиях экономии ресурсов реактивных систем управления.

Результат данной статьи является вкладом в фундаментальную и прикладную математику, нелинейную механику, теорию управления и динамику космических летательных аппаратов, отличается актуальностью в постановке задачи и оригинальностью разработанных подходов к ее решению.

Полученные в статье результаты применимы в разнообразных задачах управления ориентацией тел различного назначения как в условиях движения вблизи поверхности Земли, так и в условиях полета в околоземном космическом пространстве.

Публикация:

A. Yu. Aleksandrov, A. A. Tikhonov Attitude Stabilization of a Rigid Body under Evolution of Control Torque Resulting in its Vanishing // Nonlinear Dynamics, 2018, vol. 93, No. 2, pp. 285-293. DOI: 10.1007/s11071-018-4191-4.

6. Нодалные множества собственных функций оператора Лапласа

Гармонические функции – функции, удовлетворяющие уравнению Лапласа $\Delta u = 0$ – фундаментальный и хорошо изученный объект, возникающий практически во всех разделах математики, в том числе в математической физике, теории вероятностей, функциональном анализе и даже таких абстрактных областях, как алгебраическая геометрия. Однако анализ некоторых просто формулирующихся свойств гармонических функций может представлять значительную трудность. В частности, к таким задачам относятся вопросы о строении множества нулей гармонических функций.

В 2018 году в работе была доказана гипотеза Надирашвили о том, что множество нулей любой непостоянной гармонической функции в трёхмерном пространстве имеет бесконечную площадь. Кроме того, в работе были получены новые оценки на площадь, т.е. меру Хаусдорфа коразмерности один, множеств нулей собственных функций оператора Лапласа (решений уравнений $\Delta u = \lambda u$) на компактном гладком Римановом многообразии. Полученные оценки являются полиномиальными, что значительно улучшает имевшиеся ранее экспоненциальные оценки, доказанные Хардтом и Саймоном.

В 2018 году за эти исследования Александр Логунов был удостоен престижной математической награды – премии Салема – «за прорывной вклад в решение гипотез Яу и Надирашвили об объемах множеств нулей собственных функций оператора Лапласа».

Публикации:

Alexander Logunov, Nodal sets of Laplace eigenfunctions: proof of Nadirashvili's conjecture and of the lower bound in Yau's conjecture, *Annals of Mathematics*, 187:1 (2018), 241–262.

Alexander Logunov, Nodal sets of Laplace eigenfunctions: polynomial upper estimates of the Hausdorff measure, *Annals of Mathematics*, 187:1 (2018), 221–239.

7. TAAR рецепторы как новая мишень в фармакологии

Следовые Амины (Trace amines, TA), такие как β -фенилэтиламин, тирамин, триптамин и октопамин, структурно близки к классическим моноаминам и играют важную роль в физиологии беспозвоночных. Нарушения в физиологии ТА уже длительное время ассоциируется с шизофренией и депрессией. Изменённые уровни следовых аминов обнаружены также у пациентов, страдающих синдромом дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), болезнью Паркинсона и некоторыми другими заболеваниями мозга. Таким образом, считается, что идентификация новых лигандов TAAR рецепторов может привести к разработке принципиально новых лекарственных средств.

Наиболее изученным рецептором среди TAARs является TAAR1, который является доказанной новой мишенью для фармакологии широкого спектра психиатрических, неврологических и метаболических расстройств, и вещества, воздействующие на TAAR1, уже находятся на третьей стадии клинических испытаний компаниями Roche (шизофрения и/или другие психические заболевания) и Sunovion (шизофрения).

Разработано несколько селективных агонистов TAAR1 и изучена линия мышей, лишенных TAAR1 (TAAR1-КО мыши). Их использование в исследованиях показали, что TAAR1 агонисты могут быть эффективными при лечении психических и ряда других заболеваний мозга, таких как шизофрения, депрессия, СДВГ, наркомании, болезни Паркинсона, нарушения сна, причем действуя как непосредственно, так и косвенно, путем модуляции других моноаминергических систем.

Кроме экспрессии TAAR1 в структурах мозга, этот рецептор был также обнаружен в поджелудочной железе, желудке и кишечнике, и доклинические исследования показали эффективность агонистов TAAR1 при метаболических нарушениях, таких как ожирение и диабет. Показана также экспрессия TAAR1 в лейкоцитах, что предполагает участие этого рецептора в иммунологических процессах. Поданы 4 заявки на патенты на новые лекарственные средства.

Публикации:

Gainetdinov RR, Hoener MC, Berry MD.//Trace Amines and Their Receptors// *Pharmacological Reviews*, 2018 Jul;70(3):549-620. doi: 10.1124/pr.117.015305.

8. Хроматографические и электрофоретические методы анализа

В 2018 году методами хромато-масс-спектрометрии получены характеристические профили образцов крови и мочи здоровых доноров и больных с последующей хеометрической обработкой результатов с целью выявления дополнительных диагностических критериев туберкулёза и рака предстательной железы на ранней стадии.

Эксперимент включал пробоподготовку биологических образцов, хроматографический анализ и хеометрическую обработку полученных профилей, позволяющих классифицировать образцы по принципу норма/патология. Найдены условия твердофазной микроэкстракции летучих органических соединений образцов мочи для нецелевого профилирования методом ГХ-МС.

Предложены схемы электрофоретического анализа смесей неорганических анионов (в образцах вин) и катехоламинов (в биологических жидкостях) в сочетании с внутрикапиллярным концентрированием (стэкинг, электростэкинг) с пределами обнаружения 1 пкг/мл – 5 нг/мл, что соответствует мировому уровню. Разработан вариант электрофоретического определения стероидных гормонов в образцах мочи. Результаты могут быть использованы в диагностике заболеваний.

Публикации:

Daria Polikarpova, Daria Makeeva, Liudmila Kartsova, Anatoly Dolgonosov, Nadezhda Kolotilina. Nano-sized anion-exchangers as a stationary phase in capillary electrochromatography for separation and on-line concentration of carboxylic acids, *Talanta*, 188 (2018) 744-749; DOI: 10.1016/j.talanta.2018.05.094.

Ekaterina Kolobova, Liudmila Kartsova, Anastasia Kravchenko, Elena Bessonova. Imidazolium ionic liquids as dynamic and covalent modifiers of electrophoretic systems for determination of catecholamines, *Talanta*, 188 (2018) 183–191; DOI: 10.1016/j.talanta.2018.05.057.

Д.В. Макеева, Л.А. Карцова, Д.А. Поликарпова. Наноразмерные иониты – стационарные фазы для капиллярной электрохроматографии, *Аналитика и контроль*, 22 (2018) 273–283.

9. Новые производные природных соединений и полиазотистых гетероциклов для биомедицины: синтез, свойства и биологическая активность

В 2018 году продолжались исследования в области синтеза, а также изучения структуры и свойств новых биологически активных соединений – производных полиазотистых гетероциклов (триазолов, оксадиазолов, тетразолов). Синтезированы новые водорастворимые комплексы палладия (II) и платины (II), содержащие производные изомерных тетразолилуксусных кислот, как потенциальные цитостатики. Механизм и эффективность взаимодействия данных соединений с основными биологическими мишенями – молекулами ДНК и белками – оценена с использованием комплекса экспериментальных и теоретических методов. Показано, что взаимодействие данных координационных соединений с ДНК происходит по малой борозде. Некоторые из полученных комплексов проявляют высокие антипролиферативную активность по отношению к клеточным линиям рака человека и противомикробную активность

в отношении грамотрицательных бактерий. Синтезированы несколько серий потенциальных биологически активных веществ – производных природных соединений (нуклеозиды, растительные тритерпеноиды и др.). Исследованы структура, а также антивирусная, антибактериальная, противоопухолевая и некоторые другие виды активности данных соединений.

Результаты исследования могут быть использованы при создании инновационных лекарственных препаратов для терапии заболеваний различного генеза.

Публикации:

1. Protas A.V., Popova E.A., Mikolaichuk O.V., Porozov Y.B., Mehtiev A.R., Ott I., Alekseev G.V., Kasyanenko N.A., Trifonov R.E. Synthesis, DNA and BSA binding of Pd(II) and Pt(II) complexes featuring tetrazolylacetic acids and their esters, *Inorganica Chimica Acta* 473 (2018) 133-144; DOI: 10.1016/j.ica.2017.12.040.

2. Popova E.A., Protas A.V., Mukhametshina A.V., Ovsepyan G.K., Suezov R.V., Eremin A.V., Stepchenkova E.I., Tarakhovskaya E.R., Fonin A.V., Starova G.L., Mikolaichuk O.V., Porozov Yu.B., Gureev M.A., Trifonov R.E. Synthesis, biological evaluation, and molecular docking studies on the DNA and BSA binding interactions of palladium(II) and platinum(II) complexes featuring amides of tetrazol-1-yl- and tetrazol-5-ylacetic acids, *Polyhedron* (2018); DOI:10.1016/j.poly.2018.10.038.

3. Popova E.A., Ovsepyan G.K., Protas A.V., Erkhitueva E.B., Kukhanova M.K., Yesaulkova Ya.L., ZarubaeV.V., Starova G.L., Suezov R.V., Eremin A.V., Ostrovskii V.A., Trifonov R.E. Synthesis and in vitro Biological Evaluation of Novel Thymidine Analogues Incorporating of 1H-1,2,3-triazolyl, 1H- and 2H-tetrazolyl fragments, *Nucleosides, Nucleotides and Nucleic Acids* (2018); DOI:10.1080/15257770.2018.1541466.

10. Разработка уранилсульфатных нанотрубок

В результате исследований был получен новый тип нанотрубок из атомов урана и серы, которые можно использовать в качестве уникальных форм для захоронения радиоактивных отходов. Нанотрубки образуются путем сворачивания слоев, сложенных ураном и серой, а их диаметр составляет полтора нанометра. Материал показывает значительную устойчивость при увеличении температуры, что является очень важным свойством с точки зрения их перспективного применения для атомной промышленности. Их можно использовать для разделения радиоактивных элементов, а также они могут стать одной из уникальных форм захоронения радиоактивных отходов.

Публикация:

Siidra O.I., Nazarchuk E.V., Charkin D.O., Chukanov N.V., Depmeier W., Bocharov S.N., Sharikov M.I. Uranyl sulfate nanotubules templated by N-phenylglycine. *Nanomaterials*, (2018), 216, 8.

11. Конфигурация электрической стимуляции спинного мозга посредством обработки кинематики походки в реальном времени

Эпидуральная электростимуляция (EES) спинного мозга и обработка кинематики походки в реальном времени являются методами для изучения локо-

мощии и улучшения двигательного контроля после травмы или при неврологических расстройствах. Описаны оборудование и хирургические процедуры, используемые для получения хронических электромиографических (EMG) записей мышц ног и для имплантации целевых систем стимуляции спинного мозга, которые остаются стабильными в течение нескольких месяцев после имплантации крысам и нечеловеческим приматам. Описано использование данных имплантаты для настройки электрической стимуляции спинного мозга, которая позволяет контролировать степень разгибания и сгибания каждой ноги во время передвижения. Данный протокол использует обработку в реальном времени кинематики походки и двигательной активности и может быть настроен в течение нескольких дней. После настройки стимулирующие импульсы поступают через определенные участки спинного мозга с точным временем, которое воспроизводит естественную пространственно-временную активацию мотонейронов во время передвижения.

В перспективе данные подходы и методы могут быть использованы для персонифицированного использования для восстановления двигательной активности у пациентов с нарушениями функций спинного мозга и конечностей.

Публикация:

Capogrosso M, Wagner FB, Gandar J, Moraud EM, Wenger N, Milekovic T, Shkorbatova P, Pavlova N, Musienko P, Bezard E, Bloch J and Courtine G Nature Protocols 2018 Sep 06; doi: 10.1038/s41596-018-0030-9 PMID: 30190556.

12. Значение специфических иммунных комплексов в определении активности туберкулезной инфекции

Диагностика туберкулезной инфекции, в том числе с применением иммунологических методов, претерпела значительные изменения. Внедрение новых диагностических тестов позволило улучшить диагностику латентной туберкулезной инфекции (ЛТИ). Однако положительные результаты иммунологических тестов как у больных туберкулезом, так и у лиц с ЛТИ, не позволяют прежде всего иммунологически разделить эти состояния, что требует разработки и внедрения новых диагностических подходов.

Материалы и методы. Было проведено перспективное исследование с обследованием двух групп пациентов: I группа (n = 50) – больные с верифицированным туберкулезом легких, МБТ (+); II группа (n = 15) – лица с ЛТИ и группа контроля – здоровые лица (n = 14). Комплекс обследования включал клинические, лучевые, бактериологические, иммунологические (пробу Манту с 2 ТЕ, тест T-SPOT, QFT и пробу с Диаскинтестом) методы. У всех пациентов и здоровых лиц с помощью метода динамического светорассеяния после добавления *in vitro* антигенов специфических пептидов ESAT-6 и SFP-10 были определены иммунные комплексы.

Полученные результаты демонстрируют низкую информативность клинического метода в диагностике туберкулеза легких. При наличии характерных рентгенологических изменений бактериологическая верификация диагноза туберкулеза была получена только в 46% случаев. Применение различных

иммунологических тестов позволяет получить положительные результаты тестов в 84–90% случаев одновременно с получением в 100% случаев положительных тестов у лиц с ЛТИ. Определение специфических иммунных комплексов методом динамического светорассеяния позволяет в 100% случаев определять активность туберкулезной инфекции и выявлять группу высокого риска по развитию активного туберкулеза у лиц с латентной туберкулезной инфекцией.

Полученные в исследовании данные могут быть применены не только в диагностике активного туберкулеза при отсутствии верификации диагноза, а также позволяют выделить группу высокого риска по развитию заболевания у лиц с латентной туберкулезной инфекцией.

Публикация:

«Диагностическое значение специфических иммунных комплексов в определении активности туберкулезной инфекции» Л.А.Сопрун, А.А.Старшинова, В.С. Бурдаков и др. Medical immunology №6, т.20.

13. Арктика как пространство диалога России с западными государствами

Установлена особая роль Арктического региона во внешней политике ведущих мировых держав. Показан рост значения арктического региона как для Правительства Российской Федерации, так и для правительств иных арктических государств, что заставляет их менять механизмы своей арктической политики. На основании экспертных оценок сделан вывод, что арктический регион приковывает к себе интерес глобальных акторов международных отношений, прежде всего, в связи с развитием транспортных коммуникаций и поиска новых энергетических ресурсов, а создание социальной и оборонной инфраструктуры является лишь продолжением и закреплением достижений стран в сфере энергетики и транспорта. Для Российской Федерации данный тренд должен стать стимулом к активизации в формулировке транспортной и энергетической повестки для Арктики, проведению дополнительного экспертного анализа эффективности распределения финансирования по программам, связанным с Арктикой.

Выдвинута гипотеза, что именно в Арктике происходит формирование нового пространства диалога между Российской Федерацией и странами НАТО, что становится фактором эволюции военных стратегий сторон в регионе. Представляется ясным, что в связи с эволюцией военного значения Арктики, формируется новая система международных отношений в регионе, в которую включаются новые игроки – Китай, Индия, страны БРИКС, страны Юго-Восточной Азии (Япония, Южная Корея). Сделан вывод, что Арктика становится не только пространством диалога «традиционных» арктических государств, но и фактором формирования всей современной системы международных отношений многополярного мира.

Выявлено, что при администрации Д. Трампа в целом сохраняются основные направления арктической политики США, заложенные еще при Б. Обаме,

хотя и заметно снижение интереса Вашингтона к этому региону. Показано, что основной тренд во взаимодействии США с Российской Федерацией в Арктике остается по-прежнему достаточно противоречивым, включая как элементы соперничества, так и элементы сотрудничества, что дает Москве возможность формировать арктическую повестку в отношениях с Вашингтоном и самостоятельно создавать нужные тренды. Доказано, что на развитие отношений между США, НАТО и Россией в Арктике все больше влияют интересы новых игроков, заинтересованных не в развитии военного противостояния в регионе, а в его превращении в зону инвестиций в развитие социальной и экономической инфраструктуры.

Полученные результаты могут быть использованы при формировании внешней и внутренней политики Российской Федерации в Арктике.

Публикации:

1. Сергунин А.А., Конышев В.Н. Российско-американские отношения в Арктике: сотрудничество или соперничество? // Мировая экономика и международные отношения. 2018. Т. 62. № 9. С. 103–111.

2. Konyshev V., Sergunin A. The changing role of military power in the Arctic. The global arctic Handbook 2018. С. 171–195.

14. Концепция стрессоустойчивости (resilience) в теории международных отношений

Проанализирована новая категория внешнеполитической деятельности Евросоюза – “стрессоустойчивость” (resilience), исследован ее генезис.

Выявлены три современных противоречия в применении категории в ЕС: стрессоустойчивость и секьюритизация, стабильность и изменения (с соответствующей стратификацией пространства) и, наконец, стрессоустойчивость как (не)вмешательство во внутренние дела партнёров. Сформулированы институциональные аспекты поддержки стрессоустойчивости во внешней деятельности ЕС.

Выявлены основные этапы генезиса и характеристики концепции стрессоустойчивости. Особое внимание уделено использованию концепции в политологии и теории международных отношений, продемонстрирован потенциал использования концепции стрессоустойчивости в политической сфере, применения концепции для анализа внешней и внутренней политики России.

На основе семиотики выявлен характер взаимосвязи между употреблением понятия «стрессоустойчивость» в научном дискурсе и его применением в политической практике. Проанализированы научные трактовки «стрессоустойчивости» и формы употребления данного понятия в документах, отражающих подходы к внешней и оборонной политике.

Понятие «стрессоустойчивость» обладает весьма широкой денотацией и большим набором коннотаций, и его место в структуре дискурса порождает ряд проблем как синтагматического, так и парадигматического плана. Особую важность в прочтении стрессоустойчивости приобретают практики интерпретации и использования понятия во внешней политике государств.

Публикации:

Павлова Е.Б., Гудалов Н.Н., Коцур Г.В. Концепция стрессоустойчивости в политической науке: на примере биополитических практик в Российской Федерации // Политическая наука. 2018. №1. С. 201–222.

Гудалов Н.Н., Тулупов Д.С. Семиотика стрессоустойчивости в международных отношениях: многообразие академических и политических смыслов // Полития: Анализ. Хроника. Прогноз (Журнал политической философии и социологии политики). 2018. №1 (88). С. 135–147.

15. Впервые охарактеризована архитектура генома представителей класса Птицы

Группа ученых Санкт-Петербургского государственного университета и Института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН впервые полностью секвенировала ДНК представителей класса Птицы с помощью методов 3D-геномики.

Пространственная организация генома в интерфазном ядре играет ключевую роль в регуляции экспрессии генов, благодаря тесной взаимосвязи между иерархическими уровнями упаковки генома и его функциональной активностью. Сочетание современных биохимических и биоинформатических подходов позволили идентифицировать в интерфазном ядре хроматиновые нанодомены, в том числе топологически-ассоциированные домены (ТАД) и А/В компартменты. В настоящей работе мы провели аннотацию пространственных взаимодействий в геноме домашней курицы (*Gallus gallus domesticus*) с помощью полногеномного метода Hi-C, что позволило идентифицировать в эмбриональных фибробластах курицы ряд иерархических структурных доменов хроматина, таких как А и В компартменты и топологически-ассоциированные домены. Мы показали, что ТАД в геноме эмбриональных фибробластов распределены в соответствии с плотностью генов, транскрипционной активностью и сайтами связывания CTCF. Полученные результаты верифицированы с помощью 3D-FISH с использованием в качестве зондов фрагментов генома курицы из соседних ТАД. Вместе с тем, мы обнаружили, что в зрелых эритроцитах курицы не сохраняются «классические» ТАД, что коррелирует со значительными изменениями в крупномасштабной архитектуре генома и инактивацией транскрипции. Работа выполнена совместно с сотрудниками Института цитологии и генетики СО РАН. Специалисты Института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН собрали данные об архитектуре генома методами захвата конформации хроматина (Hi-C) с последующим биоинформатическим анализом, а цитологи СПбГУ проверили достоверность и визуализировали эти результаты с помощью микроскопии (флуоресцентная *in situ*-гибридизация). Расшифровка Hi-C-библиотек с помощью высокопроизводительного секвенирования (NGS) проводилась на базе ресурсного центра «Биобанк».

В перспективе исследование архитектуры генома может дать толчок к изучению многих генетических заболеваний, которые происходят из-за разрушения границ ТАДов, среди них – лейкоemia и другие типы рака, акропекторо-

вертебральная дисплазия (F-синдром), демиелинизирующая лейкодистрофия, мезомелическая дисплазия.

Публикация:

Fishman, V., Battulin, N., Nuriddinov, M., Maslova, A., Zlotina, A., Strunov, A., Chervyakova, D., Korablev, A., Serov, O., Krasikova, A. 3D organization of chicken genome demonstrates evolutionary conservation of topologically associated domains and highlights unique architecture of erythrocytes' chromatin. *Nucleic Acids Research*, gky1103. DOI: 10.1093/nar/gky1103.

16. Вычислительные методы поиска новых антибиотиков

Антибиотики являются важным продуктом жизнедеятельности бактерий, причем существенная часть из них играет значимую роль в медицине, например, пенициллин. Расцвет в области поиска природных антибиотиков середины XX века сменился периодом затишья длиною в тридцать лет, в течении которого новые антибиотики обнаружить не удавалось. В то же время чрезмерное и необдуманное использование имеющихся антибиотиков привело к тому, что многие возбудители инфекций стали устойчивы к ним. В результате этого человечество оказалось на грани появления новых заболеваний, для лечения которых у медицины может просто не оказаться лекарств.

Современные методы анализа биологически активных природных соединений постепенно меняют картину к лучшему. Международное сообщество уже успело накопить огромные объемы масс-спектров, полученных из бактерий со всего мира. Среди этих данных безусловно содержится множество еще не открытых природных антибиотиков, однако нехватка вычислительных методов анализа препятствует их скорейшему обнаружению.

Разработанный метод VarQuest (specify publication) позволяет обрабатывать огромные объемы масс-спектрометрических данных в автоматическом режиме: его тестирование было проведено на более 130 миллионах спектров – всех общедоступных данных на GNPS, крупнейшем международном портале по хранению масс-спектров от вторичных метаболитов. В отличие от предшествующих подходов, способных находить только точные соответствия с уже изученными веществами, разработанный метод может идентифицировать помимо них еще и варианты известных веществ (отличающиеся от известных структур модификациями или мутациями в части аминокислот). Эта функциональность особенно важна для фармакологии, т.к. зачастую именно модифицированные варианты являются значительно более активными с медицинской точки зрения, чем их хорошо изученные «собраты».

Предложенный метод может быть использован по двум основным направлениям. Во-первых, для нахождения новых вариантов известных антибиотиков, которые в дальнейшем могут быть детально протестированы на предмет клинической значимости. Во-вторых, для значительного сокращения объема входных данных путем удаления из рассмотрения масс-спектров, относящихся к известным соединениям, что существенно упростит и ускорит поиск совершенно новых веществ.

Публикации:

Гуарьенто С., Тонелли М., Эспиноза С., Герасимов А.С., Гайнетдинов Р.Р., Чичеро Е. (Guariento S., Tonelli M., Espinoza S., Gerasimov A.S., Gainetdinov R.R., Cichero E.) Rational design, chemical synthesis and biological evaluation of novel biguanides exploring species-specificity responsiveness of TAAR1 agonists *European Journal of Medicinal Chemistry* (2018 г.)

Мохимани Х., Гуревич А.А., Шлемов А.Ю, Михеенко А.А., Коробейников А.И., Цао Л., Щербин Е.М., Нотиас Л.-Ф., Дорренстайн П.С., Певзнер П.А. (Mohimani H., Gurevich A., Shlemov A., Mikheenko A., Korobeynikov A., Cao L., Shcherbin E., Nothias L.-F., Dorrestein P.C., Pevzner P.A.) Dereplication of microbial metabolites through database search of mass spectra *Nature Communications* (2018 г.)

17. Катастрофические пожары в России: имитационное моделирование и исследование микробиома почв в аспекте различных природных зон

Лесные пожары, частота которых увеличивается в последние годы, нанесли значительный ущерб лесным угодьям, а именно привели к нарушению наземных экосистем и снижению продуктивности лесов. В связи с этим было проведено имитационное моделирование трансформации органического вещества послепожарных и фоновых почв, а также исследование структуры почвенного микробиома, изменяющегося в ходе постпирогенных сукцессий. Критерием устойчивого функционирования лесной экосистемы считается накопление или динамическое равновесие запасов органического вещества почв (ОрВП). Моделируемые сосновые леса сухих местообитаний расположены в таежной (Ленинградская область, ЛО) и степной (Самарская область, СО) зонах. Результаты 140-летней имитации роста сосновых лесов показали, что изучаемые экосистемы при отсутствии нарушений являются стоком углерода из атмосферы. В ЛО после одного пожара снижение нетто-первичной продуктивности (NPP) сосняка на 20% сохраняется 40–50 лет, три пожара уменьшают NPP вдвое. Влияние низовых пожаров на NPP в СО проявляется значительно меньше. Один низовой пожар (на 70-м году) не оказывает негативного влияния на древостой. Запасы ОрВП после одного пожара сокращаются на 10% на обоих участках. Три низовых пожара (на 35, 70 и 135-м годах) уменьшают запасы древесины на 30% на подзолах ЛО и на 9% на серогумусовых почвах СО, сокращая запасы ОрВП на треть на обоих участках. Показано, что сокращение запасов ОрВП на 30% вызвано не только непосредственным ущербом, но и за счет сокращения поступления опада из-за снижения продуктивности лесов. Был проанализирован метагеном серогумусовых почв, восстанавливающихся после лесного пожара 2010 года в Самарской области. Превалирующими филами были филы Actinobacteria (29%), Proteobacteria (22.5%), Acidobacteria (14.3%), Verrumicrobia (12.8%). Для проб из экосистем, восстанавливающихся после пожара, отмечается тенденция к увеличению доли представителей фил Actinobacteria и Firmicutes и уменьшение Verrumicrobia. Для низового пожара характерно резкое уменьшение

количества архей во всех горизонтах (в 13 раз) и незначительное уменьшение бактерий (в 2 раза). Впервые на уровне фил охарактеризован микробиом постпирогенных почв. Из работы следует, что верховой пожар оказывает меньшее влияние на почвенный микробиом, чем низовой.

Результаты исследований важны для параметризации и монетизации экосистемных сервисов лесных экосистем в условиях возрастающих пирогенных и иных рисков антропогенного происхождения.

Публикации:

Abakumov, E., Maksimova, E., Tsibart, A. 8660197600; 56367176600; 24482676200; Assessment of postfire soils degradation dynamics: Stability and molecular composition of humic acids with use of spectroscopy methods (2018) Land Degradation and Development, 29 (7), pp. 2092–2101;

Nadporozhskaya, M.A., Chertov, O.G., Bykhovets, S.S., Shaw, C.H., Maksimova, E.Y., Abakumov, E.V.

Recurring surface fires cause soil degradation of forest land: A simulation experiment with the EFIMOD model (2018) Land Degradation and Development, 29 (7), pp. 2222–2232.

18. Синтез новых люминесцентных комплексов переходных металлов

В 2018 году активно развивались работы по синтезу новых люминесцентных комплексов переходных металлов, которые демонстрируют уникальные фотофизические свойства, а именно высокие квантовые выходы люминесценции, нелинейно-оптические характеристики и полихромную эмиссию. В рамках задачи поиска эффективных люминофоров были синтезированы серии моноядерных и полиядерных комплексов платиновых металлов, лантаноидов, металлов подгруппы меди, а также проведено систематическое исследование влияния природы лигандного окружения на их люминесцентные свойства, что открывает возможности направленной модификации целевых характеристик получаемых молекул. Одной из самых перспективных областей применения этих классов соединений является их использование в биомедицинских исследованиях для диагностики функционального состояния биологических объектов, поскольку с их помощью возможно определение таких физиологических характеристик как содержание кислорода, кислотность и концентрация разнообразных ионов в исследуемых клетках и тканях, как в норме, так и при наличии патологий, в частности для изучения процессов развития опухолей и контроля эффективности действия лекарственных препаратов. В рамках этого направления исследований также была успешно решена задача повышения биосовместимости люминесцентных комплексов и их направленной доставки к биологическим мишеням путем синтеза их конъюгатов с альбумином и модельными белками. Предложенные подходы были успешно реализованы при использовании полученных наноразмерных люминесцентных зондов для картирования концентрации кислорода в *in vitro* и *in vivo* биомедицинских экспериментах.

Публикации:

1. J.R. Shakirova, E.V. Grachova, V.V. Gurzhiy, Senthil Kumar Thangaraj, J. Jänis, A.S. Melnikov, A.J. Karttunen, S.P. Tunik, I.O. Koshevoy, Heterometallic cluster-capped tetrahedral assemblies with postsynthetic modification of the metal cores, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 57 (2018) 14154–14158; DOI: 10.1002/anie.201809058;

2. A.I. Solomatina, P.S. Chelushkin, T.O. Abakumova, V.A. Zhemkov, Mee-Whi Kim, I. Bezprozvanny, V.V. Gurzhiy, A.S. Melnikov, Y.A. Anufrikov, I.O. Koshevoy, Shih-Hao Su, Pi-Tai Chou, S.P. Tunik, Reactions of Cyclometalated Platinum(II) $[Pt(N^{\wedge}C)(PR_3)Cl]$ Complexes with Imidazole and Imidazole-Conjugated Biomolecules: Fine-Tuning Reactivity and Photophysical Properties via Ligand Design, *Inorg. Chem.*, (2018); DOI: 10.1021/acs.inorgchem.8b02204;

3. V.V. Khistiaeva, A.S. Melnikov, S.O. Slavova, V.V. Sizov, G.L. Starova, I.O. Koshevoy, and E.V. Grachova, Heteroleptic β -diketonate Ln(III) complexes decorated by pyridyl substituted pyridazine ligand: synthesis, structure and luminescent properties, *Inorg. Chem. Front.*, (2018); DOI: 10.1039/C8QI00712H, принята на обложку.

Дальневосточный федеральный университет

1. На основе анализа деятельности 456 частных фирм в период экономического кризиса выявлены особенности их стратегического поведения. Основная ценность исследования состоит в контекстуализации концепции общих конкурентных стратегий для рынка в условиях экономического кризиса. По результатам исследования опубликован ряд статей. (ДФУ).

2. Изучение особенностей периферийных очагов культурно-исторического развития эпохи неолита - раннего палеометалла в бассейне Тихого океана

Научный проект по исследованию древних культур Тихоокеанского побережья выполняется с 2014 года в партнерстве с Приморским политехническим университетом (Эквадор). Главная цель – сравнить адаптационные стратегии древних обществ к изменениям среды в древности на противоположных сторонах океана – берегах Южной Америки и Восточной Азии.

В рамках проекта проводятся археологические раскопки базовых объектов на территории Эквадора (Лома Атауальпа, Риаль-Альто). Параллельно исследования проводятся в южном Приморье, в том числе на острове Русский.

Археологический памятник Лома Атауальпа более архаичный по сравнению с Реал-Альто, его материалы носят переходный характер от архаики к формату, то есть от мезолита к неолиту.

В ходе экспедиции в Эквадор в 2018 году были раскопаны три погребения древних обитателей Южной Америки возрастом от 6 до 10 тысяч лет. Находки обнаружены на новом памятнике Лома Атауальпа и относятся к археологической культуре Лас-Вегас эпохи каменного века. Анализ артефактов поможет понять развитие древних культур на берегах Тихого океана и уточнить историю зарождения древнеамериканских цивилизаций.

Широкий спектр сравнительного анализа материалов кроссконтинентального характера позволил создать модель адаптационных стратегий древних обществ как в условиях перехода к производящим типам хозяйствования, так и усложнения комплексности присваивающего типа. При этом геофизические методики имеют прикладной характер в части безконтактного изучения структур археологических объектов и сохранения объектов культурного наследия.

В настоящее время материалы экспедиции обрабатываются экспертами из нескольких стран. Найденные каменные орудия труда исследуют в Университете Тохоку (Япония) на предмет следов производственной деятельности, а также проводится радиоуглеродный анализ для получения точной датировки. Параллельно антропологи из Кунсткамеры (Санкт-Петербург) и Института проблем освоения Севера (Тюмень) приступили к исследованию морфологических особенностей найденных человеческих останков.

Результаты исследований позволили подготовить научную основу для открытия Первой постоянно действующей Российской археологической миссии в Южной Америке со штаб-квартирой в Приморском политехническом университете (г. Гуаякиль, Эквадор). (ДВФУ).

3. Новый принцип высокоточного программного управления пространственным движением сложных многоканальных динамических объектов в следящем режиме

Сущность результата: Предложен новый принцип высокоточного управления пространственным движением сложных многоканальных динамических объектов управления (ОУ) в следящем режиме. Этот принцип основан на управлении не столько самими ОУ, сколько их программными сигналами.

Разработаны метод и алгоритм автоматического выполнения манипуляционных операций в процессе совместной работы двух мобильных роботов. Первый из них (основной) оборудован манипулятором и системой технического зрения (СТЗ), а второй (вспомогательный) – только СТЗ.

Указанный принцип обеспечивает точное движение динамических ОУ по предписанным гладким траекториям не за счет использования высококачественных (сложных) адаптивных систем управления, минимизирующих динамические ошибки слежения, а за счет подачи на входы простых в реализации следящих систем этих ОУ специально формируемых дополнительных программных сигналов управления.

Значимость: предложенная система управления позволяет точно выполнять манипуляционные операции с различными объектами вне зоны видимости СТЗ первого робота, пространственные положения и ориентации которых определяются СТЗ вспомогательного робота. Разработанная система позволяет рассчитать, а затем и компенсировать погрешности определения координат объектов работ и погрешности работы навигационных систем обоих роботов.

Прогноз применения:

Результаты научного исследования будут использованы для разработки систем высокоточного управления пространственным движением сложных мно-

гоканальных динамических объектов управления (ОУ) в следящем режиме. (ДВФУ, Филаретов В.Ф., Юхимец Д.А., Кацурин А.А.).

Публикации:

Filaretov V.F., Yukhimens D.A. The new strategy of designing tracking control systems for dynamical objects with variable parameters // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2018. – №7 (19). – С. 435–442.

Филаретов В. Ф., Кацурин А. А. Совместная работа двух мобильных роботов при автоматическом выполнении манипуляционных операций // Мехатроника, автоматизация, управление. 2018. Т. 19. № 8. С. 529–535.

4. Сравнительная характеристика трансформации опухолевых клеток, порождаемых ОСК в условиях регуляции Wnt-сигнального каскада

Авторы: Дюйзен. И.В., Шевченко В.Е., Милькина Е.В., Ляхова И.А., Зайцев С.В., Пономаренко А.И., Корнейко М.К., Емельянова Т.А., Пяткова М.А., Брюховецкий И.С.

Мультиформная глиобластома (МГБ) – одна из самых агрессивных опухолей головного мозга. Прогноз неблагоприятный, медиана выживаемости больных 15 мес.

Необходимость проведения ПНИ обусловлена высокой актуальностью проблемы, отсутствием лекарств и технологий для эффективного подавления ОСК, наличием у научного коллектива большого научно-практического задела по исследуемой проблеме.

Проведенные исследования по изучению влияния ингибиторов Wnt-сигнального пути показали высокую эффективность морских алкалоидов относительно пролиферативных, миграционных и инвазивных свойств опухолевых стволовых клеток (ОСК) по сравнению с традиционными противоопухолевыми препаратами. В ответ на токсическое воздействие ОСК уходили в фазу дифференцировки с последующей гибелью. Полученные соединения прошли селекцию на предмет эффективного подавления Wnt-сигнального каскада в ОСК глиобластомы.

Проведена верификация ингибиторов Wnt-сигнального пути и темозоломида на ОСК. Изучен эффект комбинированного применения ингибиторов Wnt-сигнального пути. Разработана методика определения чувствительности различных субтипов ОСК глиобластомы человека к влиянию ингибиторов Wnt-сигналинга.

Показана эффективность комбинированного влияния ингибиторов Wnt-сигнального пути и темозоломида на пролиферативный, миграционный, инвазивный потенциал ОСК глиобластомы человека. Отражено смещение клеточного цикла в фазу G0 с последующими дифференцировкой и/или апоптозом.

Данные исследования позволяют провести поиск новых мишеней «таргетов» для управления ОСК, разработку способов доставки необходимых агентов и контроля эффективности поражения выявленных целей. Одной из самых перспективных мишеней для целевой терапии ОСК является Wnt-сигнальный каскад.

Публикации:

Oncology Reports. Interaction of hematopoietic CD34+ CD45+ stem cells and cancer cells stimulated by TGF-beta1 in a model of glioblastoma invitro. DOI: 10.3892/or.2018.6671 2018-Aug-24.

International Journal Of Molecular Medicine. Personalized regulation of glioblastoma cancer stem cells based on biomedical technologies: From theory to experiment. DOI: 10.3892/ijmm.2018.3668. Aug 2018. Том 42. Выпуск 2. с. 691–702.

5. Неколлинеарные спиновые текстуры в мультислоях с взаимодействием Дзялошинского-Мория

Авторы: Огнев А.В., Самардак А.С., Колесников А.Г., Стеблий М.Е.

Исследованы устойчивые магнитные текстуры типа «скирмион» и «скирмиониум». Предложен новый способ управления магнитными параметрами и взаимодействием Дзялошинского-Мория в пленках с помощью ультратонких прослоек из тяжелого металла. Впервые получены скирмионы в пленках Ru/Co/W/Ru. Предложен новый способ генерации скирмиониума в нанополосках с помощью спинового тока.

Полученные результаты вносят существенный вклад в развитие нового направления физики магнитных явлений – спинорбитронику. Работы направлены на создание новых типов магнитной памяти, а также принципиально новых нейроморфных устройств на основе наноструктур со скирмионами.

Публикации:

1. Kim, G.W., Samardak, A.S., Kim, Y.J., Cha, I.H., Ognev, A.V., Sadovnikov, A.V., Nikitov, S.A., Kim, Y.K. Role of the Heavy Metal's Crystal Phase in Oscillations of Perpendicular Magnetic Anisotropy and the Interfacial Dzyaloshinskii-Moriya Interaction in W/Co-Fe- B/MgO Films // (2018) Physical Review Applied, 9 (6), 064005. (Q1, IF = 4.782).

2. Kolesnikov, A.G., Ognev, A.V., Steblyi, M.E., Chebotkevich, L.A., Gerasimenko, A.V., Samardak, A.S. Nanoscale control of perpendicular magnetic anisotropy, coercive force and domain structure in ultrathin Ru/Co/W/Ru films (2018) Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 454, pp. 78-84, (Q1, IF = 3.046).

3. Samardak, A., Kolesnikov, A., Steblyi, M., Chebotkevich, L., Sadovnikov, A., Nikitov, S., Talapatra, A., Mohanty, J., Ognev, A. Enhanced interfacial Dzyaloshinskii-Moriya interaction and isolated skyrmions in the inversion-symmetry-broken Ru/Co/W/Ru films // (2018) Applied Physics Letters, 112 (19), 192406, (Q1, IF – 3.495).

4. A.G. Kolesnikov, M.E. Steblyi, A.S. Samardak, A.V. Ognev. Skyrmionium – high velocity without the skyrmion Hall effect // Scientific Reports (2018) 8:16966, (Q1, IF = 4.122).

6. Создание супергидрофобной системы адресной доставки вещества для микрофлюидных систем идентификации ультраразбавленных растворов

Авторы: Жижченко А.Ю., Кучмижак А.А., Витрик О.Б. Кульчин Ю.Н.

Разработан метод создания текстурированных поверхностей с экстремальным смачиванием на основе лазерной абляции подложек из политетрафторэ-

тилена (ПТФЭ). За счёт создания текстурированных поверхностей с заданным рельефом и шероховатостью метод позволяет плавно изменять смачивающие характеристики поверхности ПТФЭ от гидрофобного до супергидрофобного состояния соответственно с углами смачивания от 100° до 170° и гистерезисом контактного угла от 20° до 1° . При этом использование дополнительного гидрофильного покрытия позволяет создавать супергидрофильные поверхности с углами смачивания $\sim 0^\circ$.

На основе таких поверхностей разработана система адресной доставки и управляемого предконцентрирования анализируемого вещества из испаряющейся капли водного раствора. В процессе испарения на таких поверхностях капля уменьшается в объёме, при этом её форма остаётся сферической. За счёт применения уникального дизайна супергидрофобной поверхности с центральной супергидрофильной мишенью на завершающей стадии испарения происходит осаждение растворённых в капле примесей только на мишени размером 90×90 мкм². При этом концентрация раствора в области осаждения за время испарения капли объёмом 5 мкл (30–40 мин) увеличивается более чем в 103 раз по сравнению с исходным значением, что оказывается примерно на порядок выше, чем для аналогичных систем на основе однородных супергидрофобных поверхностей без мишени.

Прогноз развития: Развитие данного направления обеспечит возможность создания сверхвысокочувствительных сенсоров нового типа для химической идентификации водных растворов.

Публикация:

Zhizhchenko, A., Kuchmizhak, A., Vitrik, O., Kulchin, Y., & Juodkazis, S. (2018). On-demand concentration of an analyte on laser-printed polytetrafluoroethylene. *Nanoscale*, 10(45), 21414–21424.

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

Оценка влияния космической погоды (гелиогеофизической возмущенности) на сердечно-сосудистую систему человека в условиях Арктики

Авторы – Петрова П. Г., Стрекаловская А. А., Самсонов С. Н.

Сущность исследования ориентирована на разработку системы мероприятий для персонифицированной профилактики негативного действия гелиогеофизических факторов на состояние организма человека в Арктических регионах Российской Федерации и заключается в определении глобально и регионально обусловленных реакций сердечно-сосудистой системы человека и выявление на их основе возможного(ых) механизма(ов) влияния гелиогеофизических параметров на здоровье человека; в обнаружении конкретных электромагнитных и корпускулярных параметров космической погоды (гелиогеофизической возмущенности), влияющих на сердечно-сосудистую систему.

Новизна определяется масштабностью данного исследования, позволяющего, во первых, выявить особенности влияния электромагнитной и корпускулярной составляющих космической погоды на сердечно-сосудистую систему человека, а во-вторых, выделить масштабные и локальные эффекты космической погоды, связанные с неоднородностью геомагнитных возмущений на различных широтах.

Практическая значимость научного исследования: для сохранения здоровья населения Арктики, с учетом территориального проживания и критического влияния факторов космической погоды в высоких широтах, будут разработаны практические рекомендации по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний людей, проживающих в Арктической зоне. В связи с планируемым открытием круглогодичной навигации по Северному морскому пути вследствие введенных в действие нефтяных и газовых терминалов на полуострове ЯМАЛ для транспортировки грузов в Юго-Восточную Азию прогнозируется приток в Арктическую зону РС(Я) пришлого населения из-за создания новых рабочих мест. С учетом этого факта обеспечение сохранения состояния здоровья пришлого населения Арктики и разработка рекомендаций по профилактике ССЗ будут являться одной из значимых задач в ближайшее время.

Результаты исследования могут быть реализованы для достижения одного из направлений Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития, в том числе с применением методов гуманитарных и социальных наук.

Всего по данной тематике выпущено 42 публикации.

Северо-Кавказский федеральный университет

1. Проведено комплексное этносоциологическое исследование «Анализ конфликтного и интеграционного потенциала межэтнических и миграционных отношений» в регионах СКФО, включающее: проведение опроса учащихся вузов (700 респондентов) об отношении к мигрантам, к возможным способам их интеграции и адаптации; изучение экспертного мнения профессорско-преподавательского состава образовательных учреждений, научных сотрудников, представителей органов государственного и местного управления, представителей общественных/религиозных организаций (105 респондентов) о возможностях и ресурсах социокультурной интеграции мигрантов, проведение опроса с целью изучения общественного восприятия миграции и мигрантов среди населения (1050 респондентов). По итогам исследования опубликован аналитический доклад, включающий практические рекомендации в области совершенствования национальной и миграционной политики, противодействующей межэтническим и межконфессиональным конфликтам и

предупреждающей экстремизм и терроризм, а также способствующей обеспечению социального согласия в полиэтническом социуме, сохранению значения русского языка и культуры.

2. Рациональный дизайн каскадных трансформаций для эффективного синтеза природных соединений и их аналогов для медицинской химии» за 2018 г.

Авторы: Аксенов А.В., Аксенов Н.А., Аксенов Д.А., Щербаков С.В., Аксенова И.В., Рубин М.А.

В основе проектов лежит решение фундаментальной проблемы поиска новых реагентов для органического синтеза и создания новых синтетических методов, а также выявлению среди синтезированных веществ соединений, обладающих высокой биологической активностью. Научная новизна определяется новыми синтетическими методами, которые были разработаны в ходе выполнения проектов, а также найденная биологическая активность среди синтезированных соединений.

В ходе выполнения проекта использовался разработанный в нашей лаборатории подход на основе применения «умных» реакционных сред для получения соединений, родственных алкалоидам индольного ряда. На основе предложенного подхода, были разработаны новые методы синтеза полиядерных соединений – производных азапиренов. Получено несколько ранее неизвестных классов таких соединений. Такие вещества интересны, прежде всего, как новые материалы для микроэлектроники: OLED, транзисторы и т.д. Далее было изучено внутримолекулярное нуклеофильное присоединение аминоксидов к прохиральным циклопропенам. Использование хиральных β - и γ -аминоксидов позволило провести высокодистереоселективную сборку ряда оксазепанонов, связанных с циклопропаном.

Было показано, что хиральный центр в C-4 играет решающую роль в контроле стереоселективности. Была оценена биологическая активность против грамположительных бактерий, грамотрицательных бактерий, микобактерий, раковых клеток и грибка полученных гетероциклов.

Проведено полное исследование катализируемом родием асимметричном направленном гидроборировании функционализированных прохиральных циклопропенов, дающих энантиомерно обогащенные циклопропилборонаты. Оценены области применения и ограничения двух альтернативных направляющих групп: эфира и карбоксамида. Было обнаружено, что гидроборирование сложных эфиров оказалось более чувствительным к замещению в ароматическом кольце субстратов.

Публикации:

Aksenov A.V., Shcherbakov S.V., Lobach I.V., Voskressensky L.G., Rubin M. European Journal of Organic Chemistry, 2018, 4121–4127.

Edwards A., Rubin M. and Rubina M. Chemistry – A European journal. 2018, 24(6), C. 1394–1403.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

1. Разработка экологически чистых технологий защиты растений от наиболее опасных возбудителей болезней и вредных организмов

Авторы: Глухарева Т.В., Обыденнов К.Л., Калинина Т.А., Костерина М.Ф., Шатунова С.А.

Значительный экономический и экологический ущерб сельскому хозяйству и странам в целом может быть нанесен различными заболеваниями растений. Наиболее опасными болезнями, влияющими на производство картофеля, считаются фитофтороз (*Phytophthora infestans*), ризоктониоз (*Rhizoctonia solani*), альтернариоз (*Alternaria solani*), фузариоз (*Fusarium solani*). Ключевым фактором успешного химического контроля заболеваний растений является использование фунгицидов, однако это может привести к появлению резистентности у патогенов. В связи с этим разработка новых видов фунгицидов является сложной задачей.

В рамках направления были разработаны новые 2,4,5-триоксопирролидин-3-илиден-4-оксо-1,3-тиазолидин-5-илидены, структурная особенность которых состоит в том, что молекула содержит три потенциально биологически активных фрагмента, ответственных за противогрибковые свойства, а именно α -оксоамид, фумаратамид и дикарбоксимид. Таким образом, эти соединения являются перспективными для разработки фунгицидов с мультисайтовым механизмом действия, для которых риск развития резистентности ниже по сравнению с «односайтовыми фунгицидами».

Исследования фунгицидной активности *in vitro* в отношении *Phytophthora infestans*, *Fusarium solani*, *Alternaria solani*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum coccodes* показали, что производные 2,4,5-триоксопирролидин-1,3-тиазолидина проявляют широкий спектр противогрибковой активности. Одно из соединений показало высокую активность против всех штаммов грибов, а случае *F. solani*, *P. infestans* и *A. solani*, обладало сравнимой или большей фунгицидной эффективностью, чем положительный контроль-препарат *Consento* (Bayer CropScience AG, Франция). Также это соединение, показало низкую острую токсичность на лабораторных мышах. В дальнейшем вещество планируется испытать на растениях картофеля в полевых условиях.

Публикации:

K.L. Obydenov, L.A. Khamidullina, A.N. Galushchinskiy, S.A. Shatunova, M.F. Kosterina, T.A. Kalina, Zh.J. Fan, T.V. Glukhareva, Yu. Yu. Morzherin. Discovery of methyl (5Z)-[2-(2,4,5-Trioxopyrrolidin-3-ylidene)-4-oxo-1,3-thiazolidin-5-ylidene]acetates as antifungal agents against potato diseases. J. Agric. Food Chem. 2018, 66, 6239–6245). DOI: 10.1021/acs.jafc.8b02151.

2. Домино- и другие трансформации в ряду (гет)аренов, инициированные активированными ненасыщенными соединениями для получения перспективных флуорофоров, (био)хемосенсоров и лигандов

Авторы: Чупахин О.Н., Чарушин В.Н., Русинов В.Л., Зырянов Г.В., Копчук Д.С., Сантра С., Криночкин А.П., Ковалев И.С., Носова Э.В., Гундала С., Будеев А.В., Mukherjee A., Rahman M., Никонов И.Л., Хасанов А.Ф.

Исследована применимость высокореакционных органических интермедиатов, таких как арины и гетарины, а также производные элементоорганических рядов (карборан-арины), для использования при одностадийном одnoreакторном получении новых флуорофоров и хемосенсоров (гетеро)ароматических рядов ((бенз)периленов, иптиценов и др.), а также потенциальных лекарственных кандидатов (например, изохинолинов, 10-(1H-1,2,3-триазол-1-ил)пиридо[1,2-a]индолов и их аза- и аннелированных аналогов). Получены новые данные фундаментального характера, касающиеся особенностей взаимодействия (элемент)ариновых интермедиатов с (гетеро)аренами. На примере 1,2,4-триазинов продемонстрировано как минимум два возможных варианта протекания реакции: образование производных изохинолина, аналогично реакции Дильса-Альдера в аренах и гетаренах, а также не описанная ранее домино-реакция, проведено изучение границ применимости обнаруженной реакции и влияния на ее протекание заместителей в молекуле (элемент)арина и (гетеро)арена. Изучена применимость некоторых из полученных соединений для нужд медицины и промышленности.

Публикации:

S. Santra, A.F. Khasanov, A. Mukherjee, M. Rahman, I.S. Kovalev, D.S. Kopchuk, G.V. Zyryanov, A. Majee, O.N. Chupakhin and V.N. Charushin Mono- and Poly-Azatriphenylene-Based Ligands: An Updated Library of Synthetic Strategies (2001–2018), *European Journal of Organic Chemistry*, 2018, 32, 4351–4375;

D.S. Kopchuk, I.L. Nikonov, A.F. Khasanov, K. Giri, S. Santra, I.S. Kovalev, E.V. Nosova, S. Gundala, P. Venkatapuram, G.V. Zyryanov, A. Majee, O.N. Chupakhin, Studies on the interactions of 5-R-3-(2-pyridyl)-1,2,4-triazines with arynes: Inverse demand aza-Diels-Alder reaction versus aryne-mediated domino process, *Org. Biomol. Chem.*, 2018, 16, 5119–5135 ;

Д.Е. Павлюк, С. Гундала, И.С. Ковалева, Д.С. Копчук, А.П. Криночкин, А.В. Будеев А.В., Г.В. Зырянов, П. Венкатапурам, В.Л. Русинов, О.Н. Чупахин О взаимодействии перилена с ариновыми интермедиатами, *Журнал Органической Химии* 2018, 54(12).

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Разработаны методы интеллектуального семантического анализа больших массивов слабоструктурированной текстовой информации на русском и английском языках и создана система интеллектуального анализа больших данных iFORA

Результатом исследований стало выявление и оценка динамики развития перспективных направлений исследований и разработок, в наибольшей степени способствующих успешной реализации приоритетов, определенных Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации. Разработанные подходы позволили сформировать наборы семантических карт и тренд-карт, отражающих взаимосвязи между отдельными тематическими направлениями, выделить ключевые кластеры перспективных научно-технологических областей, выявить инновационные продукты, определяющие облик будущих высокотехнологичных рынков, и получить количественные оценки этих рынков. Для каждого научно-технологического направления определены ключевые российские и зарубежные центры компетенций, а также ведущие ученые, проводящие исследования по соответствующей тематике.

Результаты исследований уже нашли применение при разработке прогнозов по приоритетным направлениям, обозначенным в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, а также при формировании исследовательской повестки для ряда отраслей и крупных компаний. (НИУ ВШЭ)

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева

Разработка технологии получения изделий с заданными теплофизическими свойствами для работы в экстремальных условиях на основе синтактических углеродных пен

Руководитель проекта д.т.н., Э.Р. Галимов.

Работа выполнена на основании Соглашения №14.583.21.0057 о предоставлении субсидии из федерального бюджета в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы»

Синтактические углеродные пены (СУП) – перспективные материалы упорядоченной структуры, обладающие рядом уникальных свойств (высокие удельные физико-механические свойства, регулируемый коэффициент теплопроводности, электропроводность, высокая тепло- и термостойкость, устойчивость к действию агрессивных сред, высокая доступная поверхность, регулируемая удельная поверхность и др.). Разработаны технологии получения двух классов СУП: теплоизолирующих – на основе стеклоуглерода, имеющих при кажущейся плотности $0,1\text{--}1,0\text{ г/см}^3$, предел прочности при сжатии не менее $1,0\text{ МПа}$ и коэффициент теплопроводности не более $0,1\text{--}0,2\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; теплопроводящих – на основе графитирующихся, в том числе мезофазообразующих материалов, имеющих при кажущейся плотности менее $0,6\text{ г/см}^3$, предел прочности при сжатии не менее $1,0\text{ МПа}$ и коэффициент теплопроводности не менее $150\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.

Впервые разработаны теоретические модели зависимостей комплекса эксплуатационных свойств СУП от режимных параметров процессов получения

и структуры. Полученные результаты обладают научной новизной (получено 3 патента Российской Федерации).

Значимость. Эффективность экранирования электромагнитных излучений, теплозащитные свойства, высокая теплопроводность, низкий температурный коэффициент линейного расширения, способность поглощать энергию взрыва в сочетании с низкой плотностью и высокой химической устойчивостью делают СУП перспективными материалами для решения широкого спектра задач в военной и аэрокосмических областях, а также во многих других отраслях промышленности.

Прогноз применения. Защита приборов, аппаратуры и экипажей ракетно-космической, авиационной и оборонной техники от воздействий электромагнитных полей; обеспечение информационной безопасности; защита радиоэлектронных систем от радиоэлектронного подавления; создание экранирующих и радиопоглощающих материалов; тепловая защита космических аппаратов (возвращаемых и гиперзвуковых); защита тактических транспортных средств, самолетов, кораблей, объектов инфраструктуры, зданий; подложки для легких зеркал, используемых в телескопах и мощных лазерах и др.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

1. Установлены фундаментальные закономерности взаимодействия пленочных и капельных течений сверхвысоковакуумных ионных жидкостей применительно к задачам создания космических ловителей с принудительным захватом собираемых капель. Выявлены закономерности теплообмена в системе «пленка – улавливаемый капельный поток».

Выявлены особенности взаимодействия потока монодисперсных капель с пленкой рабочего тела, сформированной на поверхности улавливающего устройства и перемещающейся в направлении узла нагнетания.

Актуальность полученных результатов определяется возможностью обеспечить эффективное улавливание диспергированной капельной пелены в сочетании с обеспечением минимально необходимого значения давления теплоносителя на входе в основной перекачивающий насос системы отвода низкопотенциального тепла в космосе.

Публикации:

А.Л. Григорьев, А.А. Коротеев, А.А. Сафронов, Н.И. Филатов. Автомодельные закономерности образования микросателлитов в процессе капиллярного распада вязких струй // Теплофизика и аэромеханика, 2018, №4, с. 599–609.

2. Создана методика расчета оптимальных гидродинамических характеристик взаимодействующих потоков, обоснованы оптимальные соотношения расходов рабочего тела в пленочном и капельных течениях, определяемых условиями отсутствия вторичных капель, достижения постоянной

температуры в пленке, а также наибольшего значения расхода улавливаемого теплоносителя.

С использованием разработанных методик расчета теплообмена и процесса образования вторичных капель установлены характеристики оптимальных толщин пленок рабочих тел, потенциально пригодных для использования в бескаркасных системах теплоотвода в космосе.

Актуальность полученных результатов определяется возможностью построения с их использованием оптимальных конфигураций уловителей монодисперсного капельного потока бескаркасных космических излучательных систем.

Публикация:

А.А. Сафронов, А.А. Коротеев, Н.И. Филатов. Установление температуры в радиационно охлаждающем дисперсном потоке при наличии внешнего теплового излучения // ИФЖ, 2018, Т. 91, №6. С. 168–174.

3. Выполнено полное (для всех возможных значений параметров и начальных условий) качественное исследование динамики твердого тела (корпуса), несущего подвижную материальную точку и движущегося по горизонтальной шероховатой плоскости. Материальная точка перемещается внутри тела по окружности, центр которой совпадает с центром масс тела. Угловая скорость радиуса-вектора ее относительного движения постоянна. Между телом и горизонтальной плоскостью действуют как силы сухого кулонова, так и силы вязкого трения.

Установлено, что всегда существует единственный режим движения тела с периодически меняющейся скоростью. Характер указанного периодического движения зависит от параметров задачи. Дана полная классификация всех возможных типов периодических движений. В пространстве параметров задачи построены области существования указанных периодических движений. Проведен полный качественный анализ пространства решений уравнения движения корпуса по горизонтальной плоскости. Это позволило аналитически исследовать все возможные типы движения и, в частности, получить строгие выводы о характере выхода корпуса на периодический режим движения.

Результаты данных исследований имеют как теоретическое, так и прикладное значение. Теоретическое значение состоит в том, что предложена оригинальная методика исследования, которая может быть применена для изучения динамических свойств механических систем, движущихся посредством перемещения внутренних элементов. Конкретные же результаты проведенного исследования могут быть использованы в робототехнике для проектирования мобильных вибрационных роботов. Такие устройства имеют значительные преимущества перед мобильными системами других типов. Они просты в конструировании, не требуют создания механизмов для передачи движения от приводов к движителям и могут быть выполнены в форме запаянных капсул. Это делает их устойчивыми к внешним воздействиям, поэтому вибрационные роботы могут оказаться весьма перспективными для работы в агрессивных средах как на твердых поверхностях, так и в жидкостях.

Публикации:

1. Bardin B.S., Panev A.S. On motion of a body with moving internal mass on a rough horizontal surface // Russian Journal of Nonlinear Dynamics, 2018, vol. 14, no. 4, pp. 571–594.

2. Bardin B.S., Panev A.S. On the motion of a rigid body with an internal moving point mass on a horizontal plane // AIP Conference Proceedings 1959, 030002 (2018); doi: 10.1063/1.5034582, Online: <https://doi.org/10.1063/1.5034582>.

4. Разработан метод синтеза системы управления перспективного беспилотного перехватчика на основе минимаксного критерия. Основу метода составляет игровая постановка задачи синтеза управления. Для получения конструктивного, практически реализуемого решения, процесс сближения игроков описывается в пространстве относительных параметров движения. Показано, что в рамках подобного описания задача синтеза алгоритма управления может быть сформулирована как задача синтеза гарантирующего управления для линейной динамической системы с квадратичным критерием, для которой всегда существует седловая точка.

Известные решения задачи синтеза гарантирующего управления для класса линейных систем, оптимизируемых по квадратичному критерию, получены для случая, когда продолжительность процесса управления фиксирована. В результате проведенных исследований разработан способ определения расчетной продолжительности процесса сближения конфликтующих самолетов из условия существования седловой точки.

Использование беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для целей перехвата воздушных целей рассматривается специалистами в качестве одной из перспективных областей применения беспилотной авиации. Однако практическая реализация подобной возможности ограничивается отсутствием конструктивных, практически реализуемых алгоритмов управления траекторией БЛА-перехватчика. Разработанный метод устраняет данное препятствие, что открывает практические возможности для создания семейства БЛА-перехватчиков.

Публикации:

Евдокименков В.Н., Красильщиков М.Н., Ляпин Н.А. Гарантирующее управление траекторией беспилотного летательного аппарата при сближении с маневрирующей воздушной целью. // Известия РАН. Теория и системы управления. №5, 2018 г.

5. Разработана новая физико-математическая модель течения многоатомного газа, содержащая комбинацию модели Навье-Стокса-Фурье (NSF) и модельного кинетического уравнения многоатомных газов. Модель позволяет проводить расчеты полей течения в широком интервале чисел Кнудсена (Kn), а также полей, содержащих области высокой динамической неравновесности. Граничные условия на твердой поверхности выставляются на кинетическом уровне, что позволяет, в частности, формулировать граничные условия на поглощающих или выделяющих газ поверхностях.

Проведено тестирование комбинированной модели. На примере задачи о профиле ударной волны показано, что до чисел Маха $M \approx 2$ комбинированная модель дает гладкие решения даже в тех случаях, когда точка сшивания находится в высоко градиентной области. В течении Куэтта гладкие решения получены при $M = 5$, $Kn = 0,2$. Результаты позволяют получить более высокую степень достоверности и точности описания процессов (до 3%).

Настоящая работа имела своей целью построение комбинированной модели течения многоатомных газов. Модель Навье-Стокса-Фурье (NSF) комбинируется с модельным кинетическим уравнением многоатомных газов (МКЕ). Модель NSF представляет собой строгое первое приближение системы моментных уравнений многоатомных газов. При получении этого приближения неравновесные величины (девиатор напряжений, тепловые потоки, разность поступательной и вращательной температур) в своих моментных уравнениях полагались настолько малыми, что их вторыми и более высокими степенями можно пренебречь. Течения, удовлетворяющие условиям первого приближения, называют слабо неравновесными. Релаксационные члены МКЕ получены с использованием системы многоатомных газов, применяемой при построении модели NSF. Коэффициент объемной вязкости модели NSF представлен таким образом, что эта модель является первым приближением в указанном выше смысле модели МКЕ. Таким образом, обе комбинируемые модели имеют в своей основе единую физическую модель.

Результаты могут быть использованы при проектировании перспективных гиперзвуковых высотных летательных аппаратов, т.к. на больших высотах полета обычные модели сплошной среды не применимы, а кинетический подход требует высоких затрат компьютерных ресурсов при практической реализации.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Исследование возможности диагностики глиом головного мозга методами терагерцовой импульсной спектроскопии

Авторы: Зайцев К.И., Черномырдин Н.В., Карасик В.Е., Командин Г.А., Бешплав Ш.Т., Потапов А.А.

В 2018 году Лабораторией терагерцовых технологий в сотрудничестве с НИИ Нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко и ИОФ РАН проведены пилотные исследования возможности дифференциации здоровых тканей и глиом головного мозга *ex vivo* различной степени злокачественности (WHO grade I, II, III и IV) с помощью ТГц спектроскопии.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности разработки ТГц спектроскопических и изображающих систем для интраоперационной нейродиагностики. Эти системы будут использоваться эндогенные (естественные) маркеры злокачественного новообразования, позволяя с высокой точно-

стью определить границу опухоли и обеспечить ее полную резекцию с помощью ТГц визуализации или поточечных эндоскопических исследований.

Результаты исследования обладают высокой научной новизной. Получены пилотные результаты терагерцовой спектроскопических исследований интактных тканей и глиом головного мозга человека *ex vivo* различной степени злокачественности. Впервые показана принципиальная возможность интраоперационной дифференциации интактных тканей и глиом grade I–IV с помощью терагерцовой импульсной спектроскопии и визуализации.

Интраоперационная диагностика глиом головного мозга является важной проблемой современной нейрохирургии. Полная резекция глиомы является ключевым фактором, определяющим успешность ее хирургического лечения. Неполная резекция, связанная с неточным определением границ новообразования, повышает вероятность рецидива и приводит к меньшей выживаемости пациентов. Существующие методы не позволяют в полной мере решить всех задач интраоперационной диагностики глиом, поэтому создание новых методов диагностики на основе современных инструментов визуализации биологических тканей представляется весьма актуальной задачей физики, медицины и техники.

Результаты проведенных исследований в перспективе лягут в основу создания новых методов интраоперационной диагностики опухолей головного мозга, позволят повысить эффективность их хирургического лечения. Наряду с высокой научной значимостью полученных научных результатов, необходимо отметить их практическую и социальную значимость. В перспективе они станут основой решения проблемы диагностики глиом головного мозга – злокачественного новообразования мозга, входящего в перечень социально-значимых заболеваний Российской Федерации (Постановления Правительства Российской Федерации от 13.07.2012 №710; Постановления Правительства Российской Федерации от 01.12.2004 №715).

Всего по данной тематике в 2018 году опубликовано 6 статей.

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Высокоэффективная адресная доставка лекарств для лечения онкологических заболеваний

Совместно с ИБХ РАН в лаборатории нанобиотехнологий МФТИ разработана технология высокоэффективной адресной доставки лекарств для лечения ряда онкологических заболеваний на основе транспорта терапевтических наночастиц при помощи эритроцитов к пораженным тканям и органам (направление – биологические науки). На примере клеток агрессивной формы меланомы, продемонстрировано, что эритроцитарный транспорт («эритроцитарный автостоп» или RBC-hitchhiking) является чрезвычайно эффективным и позволяет повышать, например, долю доставленных наночастиц к легким вплоть

до рекордных 120 раз. В статье, вошедшей в список лучших статей 2018 года авторитетного журнала *Nanoscale* [1], отмечается, что разработанная технология может стать ценным инструментом для развития новых стратегий лечения агрессивных и мелкоклеточных форм рака, а также для облегчения течения ряда заболеваний легких. Кроме того, совместно с ИОФ РАН, разработана [2] методология ультрочувствительной (до ~ 39 пикограмм) детекции магнитного материала в виде ферромагнитных железо-никелевых нанодисков, которая открывает широкие перспективы для создания систем, работающих в сложных, в том числе физиологических, средах для целого спектра применений, в том числе биосенсорики, высокочувствительной диагностики, медицинской визуализации (направление – нанотехнологии и информационные технологии). Разработанные технологии лежат в русле общей концепции создания терапевтических нанобиороботов (направление – химия и наука о материалах) – перспективной области медицины, в которой МФТИ занимает ведущие мировые позиции, о чем, в частности, свидетельствует публикация глобального обзора о современном состоянии таких систем по приглашению ведущего научного издания *Chemical Reviews* [3] (четвертый по величине импакт-фактор в мире).

Публикации:

1. Zelepukin, I. V., Yaremenko, A. V., Shipunova, V. O., Babenyshev, A. V., Balalaeva, I. V., Nikitin, P. I., ... & Nikitin, M. P. (2018). Nanoparticle-based drug delivery via RBC-hitchhiking for the inhibition of lung metastases growth. *Nanoscale*. Accepted Manuscript; DOI: 10.1039/C8NR07730D.

2. Nikitin, M., Orlov, A. V., Sokolov, I. L., Minakov, A., Nikitin, P., Ding, J., ... & Novosad, V. (2018). Ultrasensitive detection enabled by nonlinear magnetization of nanomagnetic labels. *Nanoscale*. 10, 11642-11650; DOI: 10.1039/C8NR01511B.

3. Tregubov, A. A., Nikitin, P. I., & Nikitin, M. P. (2018). Advanced Smart Nanomaterials with Integrated Logic-Gating and Biocomputing: Dawn of Theranostic Nanorobots. *Chemical reviews*, 118(20), 10294–10348. DOI: 10.1021/acs.chemrev.8b00198.

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Радионуклид-токсинные наноконплексы для синергетической тера- стики рака

Авторы: Гурьев Е.Л., Шилягина Н.Ю., Гудков С.В., Балалаева И.В., Воловский А.Б., Воденев В.А., Деев С.М., Звягин А.В.

Создан многофункциональный наноконплекс, обеспечивающий адресную доставку к опухолевым клеткам, гиперэкспрессирующим рецептор HER2, белкового токсина и радионуклида, что позволяет достичь синергетического эффекта при терапевтическом воздействии на опухоль. Препарат сконструирован на основе антистоксовых нанофосфоров (UCNP), обладающих люминесценцией в видимой и ближней инфракрасной области спектра при возбуждении

на длине волны 980 нм, что позволяет визуализировать накопление и биораспределение препарата в биологических системах. Препарат обладает высокой специфической цитотоксичностью в отношении HER2-положительных клеток и продолжительным терапевтическим эффектом в отношении HER2-положительных ксенографтных опухолей при низкой концентрации, что позволяет снизить нежелательное воздействие на здоровые ткани.

Публикации:

Evgenii L. Guryev, Natalia O. Volodina, Natalia Y. Shilyagina, Sergey V. Gudkov, Irina V. Balalaeva, Arthur B. Volovetskiy, Alexander V. Lyubeshkin, Alexey V. Sen, Sergey A. Ermilov, Vladimir A. Vodeneev, Rem V. Petrov, Andrei V. Zvyagin, Zhores I. Alferov and Sergey M. Deyev. Radioactive (90Y) upconversion nanoparticles conjugated with recombinant targeted toxin for synergistic nanotheranostics of cancer. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 115(39). 9690–9695 (2018).

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

Топология и динамика квантовых систем

Авторы: Л.Х.Кауффман, А.Миронов, А.Добрынин.

1. Установлена связь между топологией, квантовыми вычислениями и свойствами фермионов. В частности, изучены замечательные представления унитарной группы кос, связанные с майорановскими фермионами.

2. Исследован интегрируемый магнитный бильярд. В качестве нового приложения алгебраической техники, изучено существование полиномиальных интегралов для двустороннего магнитного бильярда, введенного Козловым и Поликарповым.

3. Трансмиссия вершины графа есть сумма расстояний от нее до всех остальных вершин графа в естественной метрике. В трансмиссионно иррегулярном графе трансмиссии всех вершин попарно различны. Известно, что почти все графы не являются трансмиссионно иррегулярными. Многие инварианты молекулярных графов, называемые в приложениях топологическими индексами, строятся на основе трансмиссий вершин. Такие индексы используются для установления зависимостей между структурой и свойствами органических соединений. В работе конструктивно решена следующая открытая проблема: построить бесконечное семейство двусвязных трансмиссионно иррегулярных графов.

Публикации:

Kauffman L.H., Lomonaco S.J., Braiding, Majorana Fermions, Fibonacci Particles and Topological Quantum Computing // Quantum Information Processing, 2018, V. 17, No 8, number of paper UNSP 201, 88 pp. DOI 10.1007/s11128-018-1959-x (Q1 journal).

Bialy M., Mironov A., A survey on polynomial in momenta integrals for billiard problems // Philosophical Transactions of the Royal Society A - Mathematical

Physical and Engineering Sciences, 2018, V. 376, number of paper 20170418, 22 pp. DOI 10.1098/rsta.2017.0418 (Q1 journal).

Dobrynin A.A., Infinite family of 2-connected transmission irregular graphs // Appl. Math. Comput., 2019, V. 340, No 1, P. 1–4. DOI 10.1016/j.amc.2018.08.042 (Q1 journal).

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО)

«Мягкая» нанолитография на основе струйной печати для формирования оптических наноструктур

Авторы: к.х.н А.В. Виноградов, к.х.н. В.В. Виноградов, Е.А. Еремеева, К. Келлер, А.В. Киселев, А.О. Клестова, Д.С. Колчанов, В.С. Слабов

Впервые разработаны гибридные УФ-отверждаемые чернила² на основе высокорелрактивных полимеров, полученных с использованием гексакоординированных комплексов титана и УФ-отверждаемых лаков на основе триэтилленгликоля диметакрилата.

Разработаны уникальные чернила, адаптированные для струйной печати, которые, помимо высокого значения показателя преломления в сухом остатке (1.8), обладают высоким квантовым выходом люминисценции диспергированных наночастиц на основе диоксида циркония, допированных европием.

Разработана технология струйной печати высокорелрактивными чернилами, приводящая к возникновению эффекта «зеркальной» голограммы.

Впервые была разработана технология печати опаловых голограмм на основе коллоидных частиц полистирола.

Впервые разработана концепция струйной печати 2D оптических волноводов. Для этого проведены теоретические расчеты для моделирования геометрии необходимой маски и рельефа печатаемого объекта, работающего в одномодульном режиме.

Впервые исследованы методы струйной печати пьезоэлектрических сенсоров, полученные на основе аминокислот. В частности, впервые получены функциональные чернила, на основе дифенилаланина. Результаты исследований легли в основу создания технологии печати элементов квантового компьютера и элементов оптоэлектронных устройств.

Разработан метод создания оптических биосенсоров, основанных на струйном осаждении оптически активного слоя, активирующее свои биосенсорные свойства в процессе золь-гель-золь перехода в стадии взаимодействия с биологической жидкостью. В частности, разработаны оптические сенсоры для определения концентрации глюкозы по слюне.

² УФ-отверждаемые чернила – чернила, которые застывают (фотополимеризуются) под воздействием ультрафиолетового излучения, образуя плёнку на запечатываемом материале....

Разработаны оригинальные рецептуры титандиоксидных чернил, формируемых при pH-близких к нейтральным, позволяющих осуществить печать оптических биосенсоров с инкапсулированной оксидазой (агента для диагностики уровня холестерина).

Основные публикации:

1. Ereemeva E.A., Yakovlev A.V., Pidko E.A., Vinogradov A.V. UV-curable hybrid organic-inorganic composite ink with a high refractive index for printing of interference images and holograms//Journal of Materials Chemistry C, IET – 2017, Vol. 5, No. 22, pp. 5487–5493

3. Furasova A.D., Ivanovski V., Yakovlev A.V., Milichko V.A., Vinogradov V.V., Vinogradov, A.V. Inkjet fabrication of highly efficient luminescent Eu-doped ZrO₂ nanostructures//Nanoscale, IET – 2017, Vol. 9, No. 35, pp. 13069–13078

4. Slabov V., Vinogradov A.V., Yakovlev A.V. Inkjet printing of specular holograms based on a coffee-ring effect concave structure//Journal of Materials Chemistry C, IET – 2018, Vol. 6, No.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

1. Сибирский арктический шельф как источник парниковых газов планетарной значимости: количественная оценка потоков и выявление возможных экологических и климатических последствий

Уточнена роль дигенетического CO₂ в балансе углерода в арктических морях и время транспорта осадочного органического вещества (ОВ), перемещаемого от мелководной зоны до кромки шельфа в результате воздействия гидродинамических процессов, вызывающих ресуспензию и многократное переотложение эрозионного ОВ, выпадающего в осадок в прибрежной зоне.

Наиболее высокие концентрации и резкие пространственные градиенты растворенного CH₄ обнаружены в морях восточной Арктики (МВА) (Лаптевых и Восточно-Сибирское моря).

За последние 10 лет (2008–2017 гг.) площадь поверхности МВА с концентрациями растворенного метана >20нМ (примерно 5-кратное перенасыщение относительно атмосферы) увеличилась примерно в 9 раз – по сравнению с периодом 2003–2008 гг.

Доказано что авторская многолетняя база данных по распределению окрашенной фракции растворенного ОВ (РОВ) - CDOM может быть использована для трассирования речного стока на шельфе МВА в диапазоне соленостей от 3 до 24,5, то есть на большей части акватории МВА.

Представлены первые натурные данные, характеризующие величину и направление процессов обмена углекислым газом в системе вода-атмосфера в реке Обь. Установлено, что воды реки Обь на исследуемом участке являются значимым источником CO₂ в атмосферу. (ТПУ, д.г.н., Семилетов И.П.)

Публикации:

Broder, L., Tesi, T., Andersson, A., Semiletov I., and Ö. Gustafsson. Bounding cross-shelf transport time and degradation in Siberian-Arctic land-ocean carbon transfer // Nature Communications, 9, 806, doi:10.1038/s41467-018-03192-1, 2018 (ИФ 11,47).

Brüchert V., Bröder L., Sawicka J.E., Tesi T., Joye S.P., Sun X., Semiletov I.P., and V.A. Samarkin. Carbon mineralization in Laptev and East Siberian sea shelf and slope sediment // Biogeosciences, 15, 471–490, 2018 (ИФ 3,978).

Natalia Shakhova, Igor Semiletov, Gustafsson O. et al. Current rates and mechanisms of subsea permafrost degradation in the East Siberian Arctic Shelf // Nature Communications. – 2017. – Vol.8 (ИФ 12.124).

2. Разработка и моделирование гибридных биодеградируемых скаффолдов с прогнозируемыми физико-химическими и иммуномодулирующими свойствами для тканеинженерных конструкций

Автор к.ф.-м.н. Твердохлебов СИ.

Разработаны фундаментальные основы технологий формования трехмерных биодеградируемых скаффолдов, наполненных лекарственными средствами, и способов их плазменного (DC, ВЧМР магнетронный разряд, объёмный самостоятельный разряд) и химического модифицирования («мокрая» химия). Показано, что модифицирование биодеградируемых скаффолдов в плазме магнетронного разряда, возникающей при распылении титановой мишени в атмосфере азота, при оптимальном режиме не влияет на морфологию волокон скаффолда и не изменяет физико-механические свойства материала, при этом позволяет существенно увеличить гидрофильность его поверхности. Кроме того, в процессе модифицирования формируется оксинитридное покрытие, которое способно адсорбировать оксид азота (NO) и, таким образом, влиять на адгезию тромбоцитов и реакции иммунных клеток. Химическое модифицирование скаффолдов позволяет иммобилизовывать белки и различные полимеры на поверхности биодеградируемых скаффолдов, что показано на примере желатина и полиакриловой кислоты. Скаффолды, модифицированные желатином, являются супергидрофильными и хорошо набухают в водных средах. Скаффолды, модифицированные полиакриловой кислотой, несут большое количество активных карбоксильных групп.

Разработана математическая модель процессов выхода лекарственных средств из объема трехмерных биодеградируемых скаффолдов, которая демонстрирует, что вариация распределения волокон по радиусу может быть использована как дополнительное средство для достижения требуемого темпа высвобождения лекарственного средства (ЛС), позволяет рассчитать коэффициент диффузии ЛС в полимере.

Исследования адгезионных свойств, цитотоксичности разработанных скаффолдов, их влияния на первичные человеческие макрофаги показали, что полученные материалы активно участвуют в процессах функционирования, а также созревания и дифференцировки клеток, не вызывают экспрессию провоспалительных цитокинов.

Публикации:

A new approach for the immobilization of poly(acrylic) acid as a chemically reactive cross-linker on the surface of poly(lactic) acid-based biomaterials. Ksenia S. Stankevich, Nadezhda V. Danilenko, Ruslan M. Gadirov, Semen I. Goreninskii, Sergei I. Tverdokhlebov, Victor D. Filimonov // Materials Science & Engineering C, Volume 71, 1 February 2017, pp. 862–869.

D.G. Petlin, A.A. Amarah, S.I. Tverdokhlebov, Y.G. Anissimov. A fiber distribution model for predicting drug release rates. Journal of Controlled Release, Volume 258, 28 July 2017, Pages 218–225.

Valeriya Kudryavtseva, Ksenia Stankevich, Elina Kibler, Alexey Golovkin, Alexander Mishanin, Evgeny Bolbasov, Evgeny Choyznzonov, Sergei Tverdokhlebov. The deposition of thin titanium-nitrogen coatings on the surface of PCLbased scaffolds for vascular tissue engineering // Appl. Phys. Lett. 112, 153705 (2018).

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ)

Морфологический анализ изображения высохшей капли слюны для определения степени эндогенной интоксикации

Эндогенная интоксикация (ЭИ) является интегральной патологией, которая дает общую информацию о состоянии здоровья пациента. Существует корреляция биохимических данных (дорогостоящих, требующих долгосрочных инвазивных исследований) и морфологических показателей, основанных на анализе изображения капли слюны, высушенной в стандартных условиях (простая и дешевая неинвазивная процедура). Важно разработать дешевые, быстрые, неинвазивные, компьютеризированные морфологические методы для медицинской диагностики ЭИ, основанные на уникальном клиническом опыте, полученном в последнее десятилетие, для массового скрининга и мониторинга пациентов во время клинического обследования, а также для личного контроля здоровья пациентом. Предложен метод и разработана лабораторная установка для диагностики ЭИ путем определения морфологических свойств высушенного образца (паттерна) испаренной капли слюны. Набор микрофотографий паттернов формируется с учетом степени ЭИ. Предложены критерии для экспертной оценки степени ЭИ по паттернам высушенной слюны. Впервые было создано и протестировано компьютерное программное обеспечение для определения стадии ЭИ. Это позволяет обрабатывать большое количество цифровых изображений паттернов слюны. Это дает возможность проводить мониторинг здоровья пациента.

Предлагаемый метод представляет собой комбинацию подходов биоинформатики и биохимических исследований для получения диагностической информации из морфологического анализа стандартизированных высушенных образцов слюны.

Публикации:

P.V.Lebedev-Stepanov, M.E.Buzoverya, K.O.Vlasov, Yu.P.Potekhina, Morphological analysis of images of dried droplets of saliva for determination the degree of endogenous intoxication, Journal of Bioinformatics and Genomics n. 4 (9), nov. 2018. DOI 10.18454/jbg.2018.4.9.2.

**Белгородский государственный национальный
исследовательский университет**

Способ получения металл-матричного композита (ММК) Ti-15Mo/TiB

Авторы: Жеребцов С.В., Степанов Н.Д., Озеров М.С., Климова М.В.

Разработан метод получения металл-матричного композита (ММК) Ti-15Mo/TiB посредством искрового плазменного спекания (ИПС) смеси элементарных порошков Ti, Mo и TiB₂ с последующей деформационно-термической обработкой композита. Новизна метода состоит в разработке подходов к созданию новых ММК с использованием различных методов получения и обработки, позволяющих получить материал с оптимальным комплексом механических и функциональных свойств. По данным сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) композит в спеченном состоянии показывает высокую макроскопическую однородность и состоит из титановой матрицы с распределенными в ней волокнами TiB и небольшого количества непрореагировавших частиц TiB₂. Достигнутый после деформационно-термической обработки (сдвиг под высоким давлением) уровень твердости композита эквивалентен твердости ~ 58,5HRC, что, в свою очередь, близко к твердости закаленной стали (55–60 HRC), обычно используемой для изготовления режущего инструмента.

Благодаря комплексу полученных свойств (коррозионная стойкость, гипоаллергенность, высокая твердость, небольшой удельный вес) данный материал может быть использован для изготовления режущего инструмента специального назначения, например, работающего в агрессивных средах, либо в медицинском инструментарии.

Публикации:

1) Ozerov M.S., Klimova M.V., Stepanov N.D., Zharebtsov S.V., Microstructure evolution of a Ti/TiB metal-matrix composite during high-temperature deformation, Materials Physics and Mechanics, 38 (2018), Pages 54–63, DOI: 10.18720/MPM.3812018_8.

2) Ozerov M.S., Gazizova, M.Y., Klimova, M.V., Stepanov, N.D., Zharebtsov, S.V., Effect of Plastic Deformation on the Structure and Properties of the Ti/TiB Composite Produced by Spark Plasma Sintering, Russian Metallurgy (Metally), 7 (2018), Pages 638–644, DOI: 10.1134/S003602951807008X.

3) M.Ozerov, M.Klimova, V.Sokolovsky, N.Stepanov, A.Popov, M.Boldin, S.Zharebtsov, Evolution of microstructure and mechanical properties of Ti/TiB metal-matrix composite during isothermal multiaxial forging, Journal of Alloys and Compounds, Volume 770, 5 January 2019, Pages 840–848, DOI: 10.1016/j.jallcom.2018.08.215.

4) Sergey Zherebtsov, Maxim Ozerov, Margarita Klimova, Nikita Stepanov, Tatyana Vershinina, Yulia Ivanisenko and Gennady Salishchev, Effect of High-Pressure Torsion on Structure and Properties of Ti-15Mo/TiB Metal-Matrix Composite, Materials, 2018, 11, 2426; doi:10.3390/ma11122426.

Иркутский национальный исследовательский технический университет

Транспортное средство с частичной аэростатической разгрузкой

Полезная модель относится к области авиационной техники, а именно к конструкциям многофункциональных комбинированных летательных аппаратов и может быть использована как средство для выполнения мониторинговых и транспортных операций. Летательный аппарат выполнен по схеме «катамаран» и дополнительно содержит две силовые установки с возможностью поворота для изменения вектора тяги. При этом оболочки с несущим газом расположены на концах несущей поверхности в виде развитых концевых шайб. Четыре силовые установки с возможностью поворота для изменения вектора тяги расположены попарно перед передней кромкой и за задней кромкой несущей поверхности симметрично относительно вертикальной плоскости симметрии.

Технический результат заявляемой полезной модели заключается в возможности выполнения длительного полета с лучшими скоростными и маневренными характеристиками по сравнению с прототипом и аналогами, с возможностью вертикального взлета/посадки, а также защищенности силовой установки и других элементов аппарата и объектов, находящихся под ним при падении аппарата.

Полезная модель относится к области авиационной техники, а именно к конструкциям многофункциональных комбинированных летательных аппаратов и может быть использована как средство для выполнения мониторинговых и транспортных операций.

Указанные летательные аппараты в качестве подъемной силы используют аэродинамические элементы (крылья, поверхности корпуса), оболочки с несущим газом (гелий, водород, нагретый воздух), тягу силовых установок (винты).

Планируется внедрение.

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Новые методы синтеза би-, три- и тетрациклических соединений гетероциклического ряда, создание наноразмерных водорастворимых структур на их основе и перспективы биомедицинского использования

Авторы: Синяшин О.Г., Захарова Л.Я., Гаврилова Е.Л., Мамедов В.А..

Работа включает два направления: синтетическое – молекулярный дизайн новых биоактивных молекул гетероциклического строения и физико-химическое – создание эффективных систем доставки синтезированных гетероциклов.

В рамках синтетического направления: разработаны новые, значительно расширяющие возможности получения индолкарбоновых кислот, методы синтеза труднодоступных функционализированных производных α -гидроксикислот; найдены перспективные соединения с высокой туберкулостатической активностью, содержащие 2 и более гетероциклических фрагмента в молекуле, в том числе имеющих в структуре хотя бы один пиррольный, индольный или бензимидазольный фрагмент; разработаны новые методы синтеза представителей фармакологически значимого класса 3-гидроксихинолинов; из легкодоступных исходных соединений разработаны простые и эффективные методы синтеза высокофункциональных производных хиноксалинов – потенциальных биологически активных соединений или фармацевтических препаратов; найден новый эффективный способ синтеза биологически важного класса соединений 3-гидрокси-4-арилхинолин-2-онов и простые пути перехода к фармакологически ценному природному алкалоиду виридикатолу.

В рамках физико-химического направления: получило развитие, связанное с созданием новых амфифильных соединений пониженной токсичности, с низким порогом агрегации, способных к утилизации в биологических средах. Получены и охарактеризованы новые катионные и неионные ПАВ, на основе которых разработаны эффективные наноконтейнеры, позволяющие значительно улучшать биодоступность гидрофобных соединений гетероциклического ряда, их мембранотропную активность, способность к длительной циркуляции в организме. Подобные носители отвечают критерию биоразлагаемости и могут высвобождать активные молекулы после преодоления биологических барьеров, включая гематоэнцефалический барьер. При создании новых амфифильных систем доставки сделан акцент на переходе от динамических равновесных мицеллярных систем к микроэмульсиям. Разработан оригинальный протокол получения полиэлектролитных капсул layer-by-layer для инкапсуляции гидрофобных лекарственных соединений. Получены, охарактеризованы и визуализированы полиэлектролитные капсулы ПАК/ПЭИ и ПАК/хитозан, обеспечивающие пролонгированное действие инкапсулированных гетероциклических лекарственных средств – N-пирролилбензимидазолон и коммерческого препарата индометацина. Получила развитие концепция о роли структурного фактора в качестве инструмента контроля триггерного выброса связанного субстрата, ключевую роль в которой играет макроциклическая платформа. С целью создания биосовместимых низкотоксичных формулировок для впервые синтезированных и коммерческих гетероциклических соединений разработаны новые гибридные липосомы и твердые липидные наночастицы с высокой стабильностью и эффективностью инкапсулирования.

Создание новых фармакологически активных соединений и средств их доставки – сложная междисциплинарная задача, имеющая социально-эконо-

мическое значение. Для лечения тяжелых заболеваний и решения проблемы резистентности к лекарственным веществам необходимо создание новых форм лекарственных препаратов с высокой биодоступностью, биосовместимостью, низкой токсичностью, способных к пролонгированному и адресному действию. Работа выполнялась с привлечением основного научно-педагогического состава, студентов, магистров, аспирантов и школьников, что способствует раннему выявлению и развитию талантливой творческой молодежи, позволит повысить их профессиональные качества и вовлеченность в научный процесс. Грант РФФИ № 14-23-00073-п.

Публикации:

J. Org. Chem. 2018, 83(21), 13132-13145. Tetrahedron, 2019, per. № TET-D-18-01747. J. Mol.Liq. 272 (2018) 982–989. J. Mol.Liq., 269 (2018) 203–210.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева

Разработана оригинальная научная идея о создании новой модели ресурсобеспечения экономики – промышленное воспроизводство сырья – для сохранения потенциала экономического роста на длительную перспективу

Новизна Проекта состоит в разработке оригинального научно-методологического подхода к обоснованию нового – неоиндустриального – типа экономического роста, способного снять остроту усиливающегося противоречия между необходимостью удовлетворения возрастающих материальных потребностей общества и чрезмерным наращиванием антропогенной нагрузки на природные комплексы посредством создания и развития в экономике системы организованного рециклинга ресурсов. Разработанные теоретические положения, теоретико-методологические и методические подходы, полученные выводы в рамках исследования влияния организованного рециклинга ресурсов на экономический рост вносят определенный вклад в постановку и решение крупной научной проблемы – создании новой сырьевой базы воспроизводства экономики, имеющей важное социально-экономическое значение, но не получившей еще широкого общественного признания; в развитие научных представлений об источниках, условиях и факторах экономического роста и устойчивого развития.

Прогноз применения. Для решения прикладных задач, связанных с обеспечением ресурсосбережения и повышением качества окружающей среды, будут полезны: уточненная методика расчета обобщающего индекса результативности организованного рециклинга ресурсов для общества; эмпирические результаты оценки «экологического следа» в конкретном регионе; рекомендации и конкретные меры по институционализации организованного рециклинга ресурсов в качестве перспективного направления предпринимательской деятельности. (ФГБОУ ВО МГУ им. Н.П. Огарёва)

1. Методика выбора оптимального варианта схем мультигенерационных комплексов для объектов «большой» и малой автономной и распределенной энергетики при энергоснабжении потребителей различных типов

Для системы энергоснабжения, реализующей технологию мультигенерации, получены формулы, позволяющие определить абсолютное и относительное изменения эксергетического КПД при совмещенной генерацией электроэнергии, тепла и иных произведенных энергоносителей по сравнению с их раздельной генерацией.

Сущность: Разработка теоретической базы создания мультигенерирующих комплексов.

Значимость: научное обоснование технических решений, направленных на повышение эффективности генерации произведенных энергоносителей.

Методика может быть использована при разработке, проектировании и внедрении систем энергоснабжения высокой эффективности.

Публикации:

1 V.S. Agababov, P.N. Borisova «Comparison of separate and combined generation of energy carriers at a condensing power plant» / IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1111 (2018) 012075. IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1111/1/012075.

2. А.В. Клименко, В.С. Агабабов, А.В. Корягин, П.Н. Борисова, Г.А. Романов «Сравнение термодинамической эффективности систем энергоснабжения с раздельной и совмещенной генерацией произведенных энергоносителей». Отправлена в редакцию журнала «Теплофизика и аэромеханика» 14.12.2018.

3. А.В. Клименко, В.С. Агабабов, А.В. Корягин, С.Н. Петин, А.А. Коршикова, П.Н. Борисова «Мультигенерация на ТЭС». Учебное пособие. Принято редакцией МЭИ для опубликования

2. Схемотехнические решения для создания многофункциональных устройств ограничения токов коротких замыканий и улучшения показателей качества электрической энергии на базе нового элемента электрической цепи – каткона

Авторы: Бутырин П.А., Гусев Г.Г., Михеев Д.В., Шакирзянов Ф.Н., Наумова А.А., Сиренко В.В.

Результат: Математические модели и схемотехнические решения, применение которых позволяет создавать многофункциональные электротехнические устройства с улучшенными массогабаритными показателями (снижение на 20–30% в сравнении с аналогами) на основе элемента электрической цепи – катушки-конденсатора (каткона), обладающего одновременно индуктивными и емкостными свойствами в едином техническом объекте. В зависимости от выбранного схемотехнического решения (различные варианты подключения источника напряжения к выводам устройства и соединений секций между со-

бой без изменения конструкции) одно и тоже устройство на основе каткона может применяться в качестве фильтрокомпенсирующего устройства (ФКУ), токоограничивающего устройства (ТОУ), повышающего трансформатора с самокомпенсируемыми обмотками и индуктивно-емкостного преобразователя (ИЕП).

Одновременно с указанными функциями реализация предлагаемых схмотехнических решений позволяет обеспечить надежность устройства ввиду меньшего количества соединительных элементов, снизить себестоимость его изготовления (на 10–15% в сравнении с аналогами) за счет уменьшения массогабаритных показателей и расхода материалов при одновременном уменьшении уровня потерь электроэнергии в алюминиевых обмотках.

Сущность: применение многофункциональных устройств, созданных на базе каткона, позволяет устранить такие недостатки аналогов как сложность схмотехнического решения и конструктивного исполнения, нерациональное использование материалов и проводников, неудовлетворительные массогабаритные и стоимостные показатели, узкая сфера применения.

Благодаря многофункциональности катконы могут быть применены в качестве самокомпенсируемых трансформаторов для повышения коэффициента мощности и КПД передачи, распределения и преобразования электрической энергии в электрических сетях.

Потенциальные объекты применения ФКУ и ТОУ на базе каткона – распределительные электрические сети и системы электроснабжения потребителей электроэнергии (класс напряжения – 0,4 и 6(10) кВ), диапазон мощностей: от единиц кВАр до сотен кВАр. Использование ФКУ и гребенчатых фильтров на базе каткона позволит решать задачи компенсации реактивной мощности и фильтрации высших гармоник для снижения потерь электроэнергии в электрических сетях, снижая капиталовложения в эти устройства. Использование ТОУ на базе каткона позволит снизить затраты на дорогостоящую коммутационно-защитную аппаратуру.

Публикации:

1. Butyrin P.A., Gusev G.G., Mikheev D.V., Shakirzianov F.N. Physical Modeling of the Polyfrequency Filter-Compensating Device Based on the Capacitor-Coil (Original Russian Text published in Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Energetika). Thermal Engineering. 2017. Vol. 64. Issue 13. pp. 1032–1037.

2. Бутырин П.А., Гусев Г.Г., Михеев Д.В., Сиренко В.В., Шакирзянов Ф.Н. Разработка математической модели и анализ особенностей режимов индуктивно-емкостного преобразователя на основе каткона // Вестник МЭИ. 2018. №4. С. 81–88.

3. Оценки изменений в производстве и потреблении энергии в России, связанные с проявлениями глобальных изменений климата на территории страны

Авторы результата: Клименко В.В., Терешин А.Г., Федотова Е.В., Микушина О.В.

Выполнена оценка интегрального влияния наблюдаемых и ожидаемых изменений климата на территории России на производство, распределение и потребление энергии в стране. Приведены результаты расчетов на климатических моделях различной степени сложности и оценки чувствительности различных отраслей энергетики к изменениям климата. Сделан вывод о положительном прямом влиянии изменений климата на энергетику России, выражающемся в дополнительных располагаемых ресурсах электроэнергии в объеме примерно 300 млрд кВт в год.

Впервые выполнены количественные оценки влияния изменений климата на российскую энергетику на основе моделирования региональных изменений климата (с использованием климатических сценариев МЭИ) и физических процессов в энергетическом оборудовании.

Полученные результаты формируют научную основу для адаптации отечественной энергетики к новым природно-климатическим условиям и смягчения негативных последствий климатических изменений.

Результаты предназначены для использования при разработке долгосрочных программ развития российской энергетик в условиях меняющегося климата.

Публикации:

1. Klimenko V. V., Fedotova E. V., Tereshin A. G. Vulnerability of the Russian power industry to the climate change // Energy, 2018. Volume 142. P. 1010–1022;

2. Klimenko V. V., Klimenko A. V., Tereshin A. G., Fedotova E. V. Impact of Climate Change on Energy Production, Distribution, and Consumption in Russia // Thermal Engineering, 2018, Vol. 65, No. 5. P. 247–257.

Пермский государственный национальный исследовательский университет

1. Доклинические исследования нового противодиабетического лекарственного средства на основе замещенного тиафенкарбоксилата для лечения сахарного диабета второго типа

Предложена фармацевтическая композиция, содержащая в качестве действующего вещества (Z)-этил 2-(4-(4-хлорфенил)-2,4-диоксо-3-(3-оксо-3,4-дигидрохиноксалин-2(1H)-илиден)бутанамидо)-4-метил-5-фенилтиофен-3-карбоксилат и вспомогательные вещества – целлюлозу микрокристаллическую, кроскармеллозу натрия, кросповидон, лактозы моногидрат, частично прежелатинизированный кукурузный крахмал, соль стеариновой кислоты. Фармацевтическая композиция данного изобретения, получаемая с помощью влажного гранулирования и прямого прессования различных компонентов, обеспечивает высокую степень высвобождения действующего вещества, обладает достаточной механической прочностью, характеризуется высокой терапевтической активностью, удовлетворительными технологическими характеристиками и стабильна при хранении не менее 2 лет.

Подано заявление о выдаче патента Российской Федерации на изобретение «Фармацевтическая противодиабетическая композиция на основе замещенно-

го тиофен-карбоксилата и способ её получения», дата публикации 19.06.2018, регистрационный номер 2018122276 (входящий №035235).

Готовые лекарственные формы (ГЛФ) «Глитифен таблетки, покрытые пленочной оболочкой, 100 мг» обладают выраженным противодиабетическим действием, обусловленным повышением биосинтеза гликогена, толерантности к углеводной нагрузке и гипогликемического эффекта вводимого инсулина, снижением атерогенных свойств крови, всасывания глюкозы и жирных кислот.

Подготовлен отчет о фармацевтической разработке ГЛФ «Глитифен таблетки, покрытые пленочной оболочкой, 100 мг» в соответствии с рекомендациями гармонизированного трехстороннего руководства ICH Q8 «Фармацевтическая разработка» (ICH Q8 – Pharmaceutical Development).

В результате заключительных исследований подтверждена стабильность фармацевтической субстанции (ФС) и ГЛФ глитифена, установлены сроки годности и условия хранения. Полученные результаты изучения стабильности ГЛФ в естественных условиях охватывают комплекс показателей, определенных при физико-химических и микробиологических испытаниях в соответствии со спецификацией. В течение всего срока хранения качественный и количественный состав разработанной ГЛФ «Глитифен таблетки, покрытые пленочной оболочкой, 100 мг» остается неизменным. Первичная упаковка обеспечивала надлежащую защиту препарата от внешних воздействий, микробиологические характеристики не изменялись и полностью соответствовали требованиям спецификации.

Полученные результаты проекта будут востребованы в области фармацевтики. На основании проведенных доклинических исследований инновационного лекарственного препарата для терапии сахарного диабета второго типа был разработан проект протокола панируемых клинических испытаний, брошюры исследователя и инструкции по медицинскому применению. В случае успешного завершения планируемых клинических исследований будет получен новый препарат для лечения диабета. Внедрение результатов проекта в производство позволит обеспечить практическое здравоохранение эффективным и безопасным лекарственным средством для лечения сахарного диабета второго типа и расширит номенклатуру лекарственных препаратов соответствующей фармакологической группы.

2. Доклинические исследования лекарственного средства на основе производного хлорфенилбутандиона для лечения кандидозных инфекций

Впервые разработана методика химического синтеза фармацевтической субстанции 4,4,4-трихлор-1-(4-хлорфенил)бутан-1,3-дион, обладающий противогрибковой активностью.

Подано заявление о выдаче патента Российской Федерации на изобретение «4,4,4-трихлор-1-(4-хлорфенил)бутан-1,3-дион, обладающий противогрибковой активностью», заявка 2018104421 (входящий №006628), дата поступления 06.02.2018.

Проведено изучение специфической активности и механизма действия ГЛФ на моделях кандидоза «*in vivo*» и «*in vitro*».

Проведено изучение хронической токсичности ФС и ГЛФ. При изучении хронической токсичности инканона показано, что картина токсического действия его ГЛФ и ФС не различаются между собой.

Проведённые исследования аллергогенных свойств ФС и ГЛФ инканона показали у него отсутствие данного побочного эффекта.

Проведено исследование фармакокинетических параметров препарата «Инканон таблетки 50 мг».

Установлено отсутствие у инканона репродуктивной токсичности, мутагенности и канцерогенности. На основании результатов исследований и оценки потенциальных иммунотоксических свойств инканона ГЛФ при пероральном введении самкам и самцам крыс линии Wistar, а также самкам и самцам мышей линии СВА установлено отсутствие у инканона ГЛФ иммунотоксичных свойств.

Внедрение результатов проекта в производство позволит обеспечить практическое здравоохранение эффективным и безопасным лекарственным средством для лечения грибковых инфекций и расширит номенклатуру лекарственных препаратов соответствующей фармакологической группы.

Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова

1. Анализ клинико-генетического полиморфизма инвалидирующих моногенных заболеваний у детей для прогнозирования их течения и определения молекулярных мишеней для оптимизации лечения

Авторы: Школьников М.А., Воинова В.И., Белоусова Е.Д., Длин В.В., Николаева Е.А.

Доказана высокая эффективность экзомного секвенирования в отношении установления генетического диагноза при орфанных заболеваниях (в частности, моногенных). В различных исследуемых нозологических группах доля первичных диагнозов составила от 20% до 63%. Установлены и описаны новые гены, ассоциирующиеся у детей с тяжелой эпилепсией и нарушениями психомоторного развития. Показано, что течение заболевания и прогноз напрямую зависят от генотипа пациентов при метаболических болезнях (нарушениях обмена серосодержащих аминокислот), ранних эпилептических энцефалопатиях, туберозном склерозе, дистрофинопатиях, инфантильном нефротическом синдроме, первичных электрических заболеваниях сердца.

Показана возможность прогнозирования тяжести течения заболеваний исходя из генетических данных (типа и локализации выявленных мутаций) при инфантильном нефротическом синдроме, первичных электрических заболеваниях сердца, наследственных заболеваниях соединительной ткани и ранних эпилептических энцефалопатиях, что позволяет проводить профилактику тя-

желых инвалидизирующих расстройств за счет разработки индивидуальной программы ведения больного, способствующей улучшению качества, продолжительности жизни и адекватной интеграции в общество.

Подтверждение генетической природы исследуемых групп моногенных заболеваний и исследование сегрегации мутаций в семьях позволяет сформировать прогноз дальнейшего деторождения и осуществить пренатальную диагностику, тем самым способствуя профилактике детской инвалидности.

Полученные результаты демонстрируют, что внедрение технологии NGS в педиатрию содействует развитию персонализированной медицины в целом и персонализированной молекулярной терапии в частности.

Основные публикации:

Ильдарова Р.А., Школьников М.А. «Современные подходы к лечению наследственных жизнеугрожающих аритмий у детей» – Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского, 2018.– т.97. №3. с. 133–140.

F. Tran Mau-Them, L. Guibaud, L. Duplomb. A. Sharkov. A. Vitobello et al De novo truncating variants in the intronless IRF2BPL are responsible for developmental epileptic encephalopathy. Genetics in Medicine; 2018 doi.org/10.1038/s41436-018-0143-0.

2. Персонализированная геномика недифференцированных форм умственной отсталости у детей

Авторы: Ворсанова С.Г., Юров И.Ю.

Различные геномные аномалии у детей с недифференцированными формами умственной отсталости выявлены в 95,9% случаев. В результате исследования 274 детей с недифференцированными формами умственной отсталости с помощью метода молекулярного кариотипирования высокого разрешения (технологии агауCGH/SNParray) с биоинформатическим анализом обнаружены хромосомные (геномные) аномалии (размер более 1 млн пн) в 40% случаев, CNV (вариации числа копий последовательностей ДНК) выявлены 48% случаев, инtragenные перестройки, связанные с фенотипическими проявлениями, – в 9,4% случаев.

Интерпретация результатов данного метода, позволяющая получить наиболее полную картину последствий нарушений генома у пациента, осуществляется при помощи оригинального биоинформатического подхода к анализу. Предложен алгоритм, в котором выделены несколько последовательных этапов анализа данных. Первый этап включает сравнение полученных результатов с внутренними и внешними базами данных. На втором этапе гены, затронутые CNV, исследуются с помощью баз данных «BioGPS» и «GenAtlas» для выявления экспрессии в клетках головного мозга. На следующем этапе рассматриваются взаимодействия генов/белков для создания объединенного интерактома. Затем получают данные о геномных сетях, в которых задействованы элементы объединенного интерактома. На последующем этапе производится приоритизация геномных сетей согласно разработанному авторами индексу. На послед-

нем этапе значимые геномные сети группируются в соответствии с вовлечением в молекулярные/клеточные процессы. Разработанный алгоритм позволяет с помощью биоинформатического анализа классифицировать микроаномалии, CNV и эпигенетические мутации, как патогенные или условно патогенные, на основе стратегий ранжирования, приоритизации, составления интерактома и выявления геномных сетей и получить набор процессов-кандидатов, вносящих вклад в умственную отсталость у детей. Создаваемый алгоритм можно будет применять как для исследования индивидуальных геномных вариаций, так и для определения молекулярных механизмов заболеваний, и можно с успехом использовать в ходе фундаментальных и диагностических молекулярно-цитогенетических исследований.

Основные публикации:

Iourov I.Y., Vorsanova S.G., Yurov Y.B. Runs of homozygosity and epigenetic deregulation of genomic imprinting. / OBM Genetics, 2018. – Vol. 2 (3). – 6 p.

Vorsanova S.G., Yurov Y.B., Zelenova M.A., Iourov I.Y. Behavioral variability and somatic mosaicism: a cytogenomic hypothesis. /Current Genomics, 2018. – 19(3) – P. 158–162.

Зеленова М.А., Ворсанова С.Г., Юров Ю.Б., Васин К.С., Шмитова Н.С., Юров И.Ю. Приоритизация геномных сетей, ассоциированных с нарушениями психики, на основе биоинформатического анализа геномных данных. / Психическое Здоровье №4, -2018. – С.16–18.

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина

Одностадийный способ получения пара-ксилола каталитическим превращением изобутанола

Авторы: А.Г. Дедов, А.С. Локтев, А.А. Караваев.

Расширение сырьевой базы нефтехимии за счет возобновляемого сырья растительного происхождения – актуальная стратегическая задача. Поэтому возрастающее внимание исследователей привлекает получение продуктов нефтехимии из алифатических спиртов биогенного происхождения, к числу которых относится изобутиловый спирт (изобутанол). За рубежом организовано производство изобутанола путем брожения сахаров мощностью 4,5 млн. литров в год. В России имеется опыт по производству изобутанола на перепрофилированном заводе по получению гидролизного этилового спирта.

На кафедре общей и неорганической химии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина впервые разработан одностадийный способ получения п-ксилола из изобутанола с применением специально созданного нового катализатора. Катализатор -промотированный оксидами цинка и хрома микро-мезопористый композит MFI/MCM-41, впервые синтезирован новым гидротермально-микро-

волновым битемплатным методом. Пара-ксилол – ценный полупродукт нефтехимии является сырьем для получения терефталевой кислоты и полимерного материала – полиэтилентерефталата.

Новый способ получения пара-ксилола конкурентоспособен с промышленным методом получения пара-ксилола – каталитическим риформингом. Разработанный способ позволяет превращать продукт переработки возобновляемого сырья – изобутанол в углеводороды. Содержание пара-ксилола в жидких углеводородах – продуктах конверсии изобутанола при 400–500°C на разработанном нами катализаторе достигает 17% масс., а его содержание в смеси ксилолов – 75–80%. Полученные результаты превосходят показатели каталитического риформинга, в жидких продуктах которого содержание пара-ксилола не превышает 5% масс.

Публикации:

Дедов А.Г., Караваев А.А., Локтев А.С., Моисеев И.И. Способ получения п-ксилола. / Патент РФ №2663906 С1 (Заявка на Патент РФ № 2017141987 от 01.12.2017). – Опубликовано: 13.08.2018. Бюл. №23.

Alexey G. Dedov, Alexey S. Loktev, Alexander A. Karavaev, Ilya I. Moiseev. A novel direct catalytic production of p-xylene from isobutanol. – Mendelev Commn, 2018 – V. 28. Issue 4. P. 352–353. DOI: 10.1016/j.mencom.2018.07.002.

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Высокоэффективный и экологически безопасный способ повышения продуктивности и устойчивости растений картофеля к абиотическим стрессам

В настоящее время не существует экологически чистых и экономически эффективных методов очистки территорий, позволяющих снизить засоленность почвы и нейтрализовать действие токсичных техногенных факторов. Современное растениеводство использует большой перечень средств защиты растений от воздействия абиотических факторов. Большинство применяемых препаратов имеет искусственное (синтетическое) происхождение, многие из них токсичны и загрязняют продукцию и окружающую среду. С другой стороны, при отсутствии борьбы со стрессорами теряется до 30–80 % урожая. Один из путей решения проблемы – замена традиционных пестицидов экологически дружественными препаратами, в основе действия которых лежат естественные механизмы защиты и стимуляции фитоиммунитета. Созданные нами препараты стероидной природы являются экономически эффективными (достаточно несколько миллиграммов препарата в расчете на один гектар; прогнозная себестоимость гектарной дозы препаратов около пяти долларов) и безопасными; они обеспечивают переход к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству.

Усовершенствованы методы синтеза гормонов стероидной природы (брасинолида, кастастерона), что позволило повысить выход продукта в мультиграммовом синтезе (Khripach et al., 2018). Предложенные методы значительно превосходят существующие способы синтеза по технологичности и возможностям крупномасштабной реализации. Разработан новый метод стереоселективного синтеза α -метил кетонов – ценных промежуточных продуктов процесса формирования боковой цепи, содержащей все необходимые структурные элементы молекулы природного гормона (брасиностероида) (Barysevich et al., 2018). Построение боковой цепи, содержащей четыре асимметрических центра, является наиболее сложной задачей в ходе синтеза большинства природных брасиностероидов и их биосинтетических предшественников.

При оценке эффекта созданных препаратов на растениях проводилась комплексная проверка с привлечением современных физиологических, биохимических, биофизических и молекулярно-биологических методов исследования. Впервые выявлен способ воздействия и его продолжительность, при котором использование стероидных гормонов растений в стрессовых условиях наиболее эффективно (Ефимова и др., 2018). Показана способность брасиностероидов стимулировать выход качественного оздоровленного семенного материала картофеля (Головацкая и др., 2018). Учёт данных рекомендаций приведёт к повышению экономической эффективности использования препаратов.

Предложенные технологии производства брасиностероидов и алгоритмы их применения награждены золотыми медалями Международной выставки «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции Hi-Tech» и Международного Биотехнологического Форума-выставки РосБиоТех.

Использование данной технологии приведёт к созданию и сохранению рабочих мест в наукоёмких отраслях промышленности, будет способствовать улучшению экологической обстановки при производстве и применении данных средств защиты растений. (Член-корреспондент РАН Кузнецов В.В., академик национальной академии наук Республики Беларусь Хрипач В.А.).

Публикации:

Barysevich M.V., Khripach V.A. Stereoselective synthesis of α -methyl and α -alkyl ketones from esters and alkenes via cyclopropanol intermediates / Chemical Communications. – 2018. Vol. 54(22). P. 2800–2803.

Khripach V.A., et al. New Synthesis of Castasterone / Chemistry of Natural Compounds. – 2018. Vol. 54(1), с. 117–123.

Ефимова М.В., Хрипач В.А., Кузнецов В.В. Индуцированный брасиностероидами прайминг растений картофеля снижает окислительный стресс и повышает солеустойчивость / Доклады Академии наук. Общая биология. – 2018. Т. 478, №6. С. 723–726.

Головацкая И.Ф., Ефимова М.В., Кузнецов Вл.В., Хрипач В.А. и др. Способ повышения клубнеобразования и продуктивности растений картофеля в условиях гидропоники / Патент № 2660918 от 11 июля 2018 года.

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)

Здоровье населения бронзового века Южного Зауралья по результатам мультидисциплинарных исследований

Проект ориентирован на создание максимально полной реконструкции уровня здоровья древнего населения путем комплексного изучения археологических и антропологических материалов. Используемые методы: анализ палео-ДНК, стабильных изотопов азота и углерода, костного состава тканей, следов заболеваний и пр. позволили сделать принципиально новые заключения по нескольким направлениям. Впервые выделен вирус гепатита В для периода бронзового века (около 4000 лет назад). Уточнена методика диагностирования болезней в зависимости от типа анализируемой костной ткани. Реконструированы особенности диет и их влияние на уровень здоровья обитателей южно-уральских степей в эпоху бронзы.

Результаты стали частью проекта мировой исследовательской коллаборации ученых из Университета Кембриджа, Копенгагенского университета и еще целого ряда научных центров Швеции, Дании, России, Казахстана и других стран, которая уже несколько лет занимается анализом ДНК останков древних людей в степях от Монголии до Европы с целью отследить пути распространения заболеваний в древности и предсказать, как они будут вести себя в будущем.

По итогам проекта было опубликовано 4 статьи, проиндексированные в базе данных Scopus, в том числе: Ancient Hepatitis B viruses from the Bronze Age to the Medieval // Nature. 2018. Vol. 557. Iss. 7705. Pp 418–423.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Цифровой неонатальный острофокусный рентгенодиагностический комплекс

Проект выполняется совместно с ЗАО «НИПК» Электрон» в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы».

Цель проекта: разработка действующего макета цифрового рентгенодиагностического комплекса для неонатологии в неспециализированных условиях для реализации методики проведения рентгенологических исследований новорожденных весом от 500 г, основанной на инновационной технологии цифровой микрофокусной рентгенографии.

Новизна и значимость: Необходимость обусловлена отсутствием современных отечественных технических средств, позволяющих проводить рентгено-

логические исследования в неонатологии и педиатрии вне рентгеновского кабинета, в частности, новорожденным непосредственно в кюветах или палатах интенсивной терапии, а также при выезде специализированных бригад скорой медицинской помощи.

Применение: Проведение рентгенодиагностических исследований в неонатологии и педиатрии, в том числе в нестационарных условиях. Оснащение перинатальных центров страны, а также бригад скорой специализированной медицинской помощи. Благодаря новизне и оригинальности комплекс будет востребован как на отечественном, так и на зарубежном рынках медицинского рентгеновского оборудования.

Основные технические характеристики:

Комплект технических средств: малогабаритный рентгеновский аппарат, цифровой приемник изображения на основе плоскопанельного детектора, компактный мобильный штатив.

Максимальное напряжение – 120 кВ, экспозиция – 1,5–3 мАс, время экспозиции – минимально возможное, размер фокусного пятна – 0,3–0,5 мм, вес менее 100 кг.

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского

1. Открытие уникальной карстовой пещеры на автомобильной трассе «Таврида»

Сущность результата научных исследований. В Республике Крым летом 2018 года при строительстве федеральной автомобильной трассы «Таврида» в 17 километрах от города Симферополя вскрыта крупная карстовая полость, получившая название «Таврида» протяженностью около 1,5 км.

Новизна. При исследовании пещеры были сделаны уникальные открытия в области палеонтологии, палеогеографии, минералогии, подтверждена теория гипогенного спелеогенеза.

Древний возраст найденных останков животных доледниковой эпохи (1,8–1,2 млн лет), и их богатый видовой состав представляет пещеру «Таврида» как один из крупнейших в Море и России палеонтологический депозитарий. Точно определены более 20 видов млекопитающих, из них: гигантская гиена, саблезубая кошка, южный слон, гигантский страус, верблюды, древние лошади, носороги и другие.

Консервация пещеры в ледниковом периоде позволяет рассматривать ее как объект для реконструкции палеогеографической ситуации крымского региона, флюидодинамической истории гипогенного карста Крымского Предгорья, возможного моделирования путей миграции ранних Номо в Евразии. Исследования в пещере ведутся по нескольким направлениям (включая микробиологию, минерологию, климатологию, гидрогеологию, геологию) совместно с ведущими научными организациями Российской Федерации.

Значимость открытия определяется высокой сохранностью морфологии, минералогии пещеры, обнаруженного тафоценоза, что делает ее уникальной с точки зрения научного потенциала. Пещера «Таврида» превосходит по размерам все известные до этого пещеры Внутренней гряды Предгорного Крыма, представляет собой систему взаимосвязанных каналово-полостных структур, различающихся по плотности развития, условиям залегания и возрасту. Морфология пещеры подтверждает гипотезу гипогенного спелеогенеза, разработанную Институтом спелеологии и карстологии. Дальнейшее ее изучение позволит усовершенствовать методы идентификации гипогенного карста, критерии оценки гипогенной карстоопасности региона и разработку решений прикладных проблем, связанных с карстом Крыма.

Прогноз применения. Крымский федеральный университет при поддержке Правительства Крыма планирует продолжить дальнейшие исследования этого ценнейшего памятника геологического прошлого нашей страны и создать на ее базе научный спелеотуристический комплекс, который будет являться рекреационным кластером развития экономики региона. Открытия в пещере «Таврида» вызвали широкий научный резонанс.

2. Патогенетические механизмы гиперпластических процессов молочной железы и органов репродуктивной системы женщин молодого возраста

Авторы: Коллектив Центральной научно-исследовательской лаборатории, кафедр патофизиологии, онкологии, акушерства и гинекологии Медицинской академии им. С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» (Бессалова Е.Ю., Кубышкин А.В., Алиев К.А., Малый К.Д., Алиев Л.Л., Карапетян О.В., Коваленко Е.П., Болоховская Ю.).

Проведено исследование уровня экспрессии белковых маркеров пролиферации, хронического воспаления и гормональной стимуляции при гиперпластических заболеваниях матки женщин репродуктивного возраста, а также молекулярно-генетические исследования наследственного рака яичников и молочной железы в зависимости от этнической группы.

Научная новизна. Выявлены факторы риска возникновения гиперплазии эндометрия (далее – ГЭ) у женщин репродуктивного возраста; установлена зависимость пролиферативных процессов от метаболических нарушений, сочетанной патологии репродуктивной сферы, показан гормон-опосредованный механизм их развития. Формирование ГЭ сопровождается воспалением в эндометрии, характер и степень выраженности его отражает изменение экспрессии CD45+ при ИГХ исследовании. Для комплексной ГЭ характерен рост активности местных протеиназ в 5–10 раз ($p < 0,05$) и угнетение их ингибиторов в 2–3 раза ($p < 0,05$), локальная активация ИЛ-1 β , ИЛ-6 и ФНО- α в 15–20 раз ($p < 0,05$). Исследование маркеров клеточного цикла и белков, влияющих на него, показало вектор интенсивности процессов клеточного обновления в миоме матки: в репродуктивном возрасте она может иметь морфогенез простой и пролиферирующей опухоли, обладать различной рецепторной

зависимостью. Исследованы 255 образцов крови пациенток, проживающих в Крымском регионе, с морфологически верифицированным раком молочной железы методом Real-Time PCR. Генотипирование полиморфных маркеров 185delAG, 5382insC, 4153 delA гена BRCA1 и 6174delT гена BRCA2 показало популяционные различия встречаемости исследуемых мутаций – все мутации зарегистрированы у славянок ($n = 202 - 7,06\%$ по BRCA1 5382insC, и $0,39\%$ – по BRCA1 185delAG), в популяции крымских татар ($n = 53$) данные мутации отсутствуют, при этом, в крымскотатарской популяции 32 пациентки имели признаки наследственного рака.

Получено обоснование подходов к лечению тяжелых форм ГЭ и миометрия: лечение агонистами гонадотропин-рилизинг гормона с комбинированными оральными контрацептивами на втором этапе дает достоверное на $21,4\%$ ($\chi^2 = 4,44$, $p = 0,0444$) снижение развития рецидивов гиперплазии в течение 12 месяцев наблюдения. Впервые для жителей Крыма получены данные о высокой частоте встречаемости «мутации-основателя» 5382 insC у больных РМЖ славянского происхождения и отсутствии «славянских» мутаций у больных РМЖ из крымско-татарской группы.

В 2018 году результаты исследований были представлены на 8 International Congress of pathophysiology, Bratislava, Slovakia, 5–8 September, а также на межрегиональных научных конференциях. По результатам работ в 2018 году опубликовано 6 статей, индексируемых в базах Scopus, Web of Science и РИНЦ.

Прогноз применения: успешное лечение дисгормональных пролиферативных заболеваний способствует улучшению здоровья женщин и демографической стабилизации.

Севастопольский государственный университет

1. Создание маломерного научно-исследовательского судна для комплексных исследований морской прибрежной акватории с применением инновационной методологии проектирования, разработкой системы управления жизненным циклом изделия (судна) и внедрением режима безэкипажного управления движением

Разработана новая методология проектирования маломерных судов, включающая:

- формат представления электронной модели судна на этапах проектирования, производства и сервисного обслуживания, обеспечивающей переход на 100% цифровую модель на всех этапах жизненного цикла;
- регламент взаимодействия участников процесса на основе дата-центричной электронной модели между конструкторским бюро, заводом-строителем и сервисно-эксплуатирующей организацией;
- систему управления жизненным циклом изделий судостроения на основе управляемых параметров эксплуатации и готовности;
- технико-экономическую модель жизненного цикла проектируемого научно-исследовательского судна и результатов ее оптимизации.

Разработаны методы повышения различимости объектов на цифровых телевизионных изображениях, полученных в сложных метеоусловиях.

Разработана концепция системы контроля мореходности, основанная на новой технологии, связывающей построение типовых критических траекторий движения судна с оценкой вероятностей наступления критических ситуаций. Разработаны алгоритмы идентификации, фильтрации и вычисления вероятностных оценок мореходности. Разработана концепция информационной системы беспилотного управления движением судна по маршруту.

Разработаны:

- алгоритмы автоматической прокладки маршрута судна;
- алгоритмы предотвращения столкновений судна с объектами на морской поверхности по информации, поступающей с видеокамеры;
- алгоритмы анализа видеоизображений с обнаружением объектов на морской поверхности и определения их характеристик.

Внедрение полученных в проекте результатов позволит существенно увеличить производительность труда, снизить материало- и энергоёмкость производства за счет создания единого информационного пространства для всех, кто имел, имеет или будет иметь отношение к изделию в течение всего жизненного цикла.

Долгосрочный эффект проекта заключается в применимости разрабатываемых систем и методологий не только к морским и речным судам, но и к транспортным средствам других типов.

Публикации:

Glech, S., Dushko, V., Blagovidova, I., Kramar, V. Technology of calculation of the number of sensors sufficient for accurate measurement of the ice load pressure on the walls of the oil platform // MATEC Web of Conferences . – Volume 224, №02045;

Lipko, I. Forecasting of catamaran roll threshold exceeding // 2018 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018. – №8501764;

Mickhayluck, Y.P., Iskiy, V.M., Golovin, V.V., Schekaturin, A.A., Afonin, I.L., Gimpilevich, Y.B. Study of the possibility of using the communication system with IEEE 802.22 for remote control of an unmanned vessel // 2017 IEEE International Conference on Microwaves, Antennas, Communications and Electronic Systems, COMCAS 2017. – Volume 2017. – Pp. 1–5.

2. Разработка и изготовление экспериментальных стендов для лабораторных и морских исследований процесса жидкостного дыхания животных в условиях гипербарии

Цель проекта: на основе долгосрочного взаимовыгодного сотрудничества Фонда перспективных исследований (ФПИ) и ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» осуществить научные исследования и разработки в интересах обороны страны и безопасности государства, получить качественно новые результаты в военно-технической и технологической сферах, в том числе в интересах модернизации Вооруженных Сил Российской Федера-

ции, разработать и создать инновационные технологии спасения подводников с больших глубин (более 250 метров) свободным всплытием на основе жидкостного дыхания.

Разработаны и созданы:

- Исследовательские стенды для моделирования процессов погружения и всплытия технических устройств и биообъектов.
- Экспериментальные образцы аппаратов жидкостного дыхания биообъектов.
- Экспериментальные спасательные капсулы для биообъектов.
- Методика обеспечения безопасных режимов жидкостного дыхания и функционального состояния биообъектов.

Результаты интеллектуальной деятельности нашли отражение в подготовленных и переданных в ФПИ 9 заявках на полезную модель, получивших положительное экспертное заключение.

Прогноз применения полученных результатов научных исследований:

- Использование полученных и обоснованных результатов лабораторных и морских исследований при разработке и создании перспективного акваланга на основе технологии жидкостного дыхания для спасения подводников и глубоководных работ.
- Устранение последствий, вызванных кессонной болезнью.
- Уменьшение вероятности возникновения баротравм при всплытии с больших глубин при использовании технологии жидкостного дыхания.
- Обеспечение снижения температуры тела биообъекта в условиях реанимации.
- Использование в лечебной практике для осуществления дыхания биообъекта в реанимационный период.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ НАУЧНЫХ ЦЕНТРАХ И КОРПОРАЦИЯХ

РАН в соответствии с Федеральным законом № 253-ФЗ были запрошены сведения о выполненных в 2018 году в государственных корпорациях «Роскосмос», «Ростех» и «Росатом» и в 42 государственных научных центрах Российской Федерации фундаментальных исследованиях.

Материалы представили госкорпорации «Роскосмос», «Ростех» и «Росатом» и 30 государственных научных центров Российской Федерации.

Большая часть результатов, представленных госкорпорациями и государственными научными центрами, носит прикладной характер. Некоторые результаты фундаментально-ориентированных научных исследований, выполненных в государственных научных центрах, приводятся ниже.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е.Жуковского» (ЦАГИ)

1. Моделирование полета самолета в вихревом следе

Рост пассажирских и грузовых авиаперевозок приводит к увеличению количества самолетов в ограниченной области воздушного пространства и повышает вероятность опасного сближения воздушных судов. При полете в атмосфере самолет создает за собой вихревой след, сворачивающийся в пару мощных вихрей противоположного вращения. Для современных сверхтяжелых пассажирских самолетов вихревой след сохраняет свою опасность на расстоянии до 20–40 км за самолетом и может опускаться ниже самолета, его породившего, на 200–300 метров. Известны случаи авиационных катастроф и происшествий по причине попадания самолета в опасную вихревую зону следа. Проблема вихревых следов является актуальной для гражданской авиации с точки зрения пропускной способности воздушного пространства и экономики воздушно-транспортной системы.

Моделирование динамики самолета на опасных режимах полета является очень важной и чрезвычайно сложной задачей, которая включает разработку адекватных математических моделей механики вихревого течения газа, нелинейной нестационарной аэродинамики, математической аппроксимации для обеспечения функционирования в режиме реального времени, визуализации условий полета. При этом используются результаты теоретической и вычислительной аэродинамики, экспериментов в аэродинамических трубах и данные летных измерений.

Разработаны математические модели эволюции вихревых следов в турбулентной атмосфере, алгоритмы и методы формирования математических моделей реального времени на базе искусственных нейронных сетей для определения аэродинамических сил и моментов, действующих на самолет в вихревом следе. На их основе создана новая методика моделирования на подвижном пилотажном стенде режимов полета самолета при попадании его в вихревой след. Работы проводились на пилотажном стенде ПСПК-102 ЦАГИ. Методика и полученные результаты расширяют возможности пилотажных стендов для обучения летного состава приемам пилотирования в условиях вихревой опасности, для оценки динамического воздействия попадания в вихревой след на экипаж и пассажиров и используются для разработки систем информирования и управления для уклонения от попадания в опасные вихревые зоны.

В разработке системы моделирования на пилотажном стенде принимало участие 15 сотрудников ЦАГИ.

Публикации:

А.М. Гайфуллин, Ю.Н. Свириденко. Математическая модель аэродинамики самолета в вихревом следе // Ученые записки, 2018, т. XLIX, с. 120–133.

2. Исследование высокочастотной раскачки самолета летчиком и определение путей ее предотвращения

Авторы: Бюшгенс А.Г., Десятник П.А., Зайчик Л.Е., Яшин Ю.П.

Изучена проблема возникновения высокочастотной раскачки самолета летчиком (РСЛ) и определены меры по ее предотвращению. Проблема находится на стыке физиологии, динамики полета, теории управления, человеко-машинного интерфейса и прочности. Показано, что причиной возникновения высокочастотной РСЛ является т.н. биодинамическое взаимодействие (БДВ). Раскрыт механизм этого взаимодействия, которое возникает в системе «летчик – рычаг управления – самолет»: при воздействии на летчика высокочастотных перегрузок происходит произвольное отклонение рычага управления и возникает замкнутый контур управления. Степень этого взаимодействия определяется динамическими характеристиками самолета, высокой чувствительностью управления, положением летчика относительно оси вращения, характеристиками упругости конструкции, что характерно для современных высокоавтоматизированных самолетов, построенных с широким применением композитных материалов.

Разработана новая методика подавления тенденции к возникновению высокочастотных колебаний путем выбора характеристик загрузки боковой ручки управления (БРУ), которая может быть использована как для новых самолетов, так и самолетов, находящихся в эксплуатации.

Для изучения физической картины БДВ и способов его устранения проведены специальные эксперименты на стенде ПСПК-102 ЦАГИ. С помощью специально разработанных методов проведена идентификация амплитудно-частотных характеристик модели «биодинамического» летчика. Анализ полученных результатов показывает, что БДВ зависит от типа и характеристик рычага управления. Наиболее подверженными тенденции к БДВ являются боковая и центральная ручки управления. БДВ для штурвала практически отсутствует.

Увеличение демпфирования загрузки БРУ приводит к снижению БДВ, что особенно заметно на высоких частотах. Так, с увеличением демпфирования с 0,25 до 1,0 Н/см/с, тенденция к БДВ снижается в 4 раза. В то же время, даже значительное увеличение демпфирования не сказывается на характеристиках управляемости самолета, т.к. не приводит к заметному изменению усилий на БРУ на частотах пилотирования.

3. Комплекс расчётно-экспериментальных исследований в обеспечение создания перспективных скоростных боевых вертолётów нового поколения

Авторы: Анимица В.А., Кириллов О.Е., Крицкий Б.С., Миргазов Р.М., Леонтьев А.А.

В 2018 году выполнен комплекс уникальных расчётно-экспериментальных исследований в обеспечение создания перспективных скоростных боевых вертолётов нового поколения:

- проведен анализ существующего научно-технического задела для создания перспективного скоростного боевого винтокрылого летательного аппарата (ВКЛА) в части конструктивно-аэродинамических схем, несущих и рулевых винтов, корпусов, пропульсивных систем, систем управления;

- разработаны и обоснованы ключевые технические решения, направленные на реализацию требуемого уровня летно-технических характеристик перспективного боевого ВКЛА в части конструктивно-аэродинамических схем, несущих и рулевых винтов, корпусов, пропульсивных систем, системы управления;

- разработана аэродинамическая компоновка несущего винта, позволившая получить высокие летно-технические характеристики на демонстраторе технологий – летающей лаборатории на базе вертолета Ми-24: скорость превысила 400 км/час при низких уровнях вибраций, нагрузок в проводке системы управления и акустической заметности;

- обоснован выбор приоритетных вариантов конструктивно-аэродинамических схем, несущих и рулевых винтов, корпусов, пропульсивных систем, системы управления; обосновано рациональное размещение авиационных средств поражения на перспективном боевом вертолёте; проведена оценка достижимого уровня летно-технических характеристик перспективного боевого ВКЛА различных конструктивно-аэродинамических схем; выполнена оценка уровня готовности технологии различных конструктивно-аэродинамических схем и предполагаемой этапности их разработки.

Предложенные технические решения обеспечили возможность разработки боевых винтокрылых летательных аппаратов нового поколения с уникальными летно-техническими характеристиками, превышающими мировой уровень.

4. Разработка и реализация методики оптимизации аэродинамики авиационной силовой установки в рамках многодисциплинарной оптимизации третьего поколения

Авторы: К.С. Анисимов, Е.В. Кажан, И.А. Курсаков, С.В. Матяш, А.В. Лысенков, А.А. Савельев.

В Российской Федерации, как и во всем мире, сейчас остро стоит задача применения современных цифровых технологий для задач разработки и проектирования техники. ЦАГИ в рамках соглашения №14.628.21.0004 с Министерством образования и науки Российской Федерации участвовал в международном проекте AGILE (Aircraft 3rd Generation MDO for Innovative Collaboration of Heterogeneous Teams of Experts). Данный проект направлен на создание и реализацию многодисциплинарной оптимизации третьего поколения в рамках инновационного сотрудничества коллективов специалистов различного профиля.

Основной задачей ЦАГИ в международном проекте была оптимизация аэродинамики силовой установки. При этом к задаче предъявляется ряд специ-

фических требований. Одним из таких требований является скорость работы алгоритмов, так как необходимо проводить оптимизацию внешней аэродинамики мотогондолы на каждом шаге глобальной оптимизации. Другим требованием является гибкость разрабатываемой методики, так как предполагается оптимизация нестандартных компоновок с нетрадиционным расположением двигателей. Таким образом, разрабатываемая методика должна позволять оптимизировать аэродинамику широкого спектра силовых установок.

С целью выполнения таких требований была создана система автоматического проектирования мотогондолы летательного аппарата. Такая система позволяет зачитывать входные данные обо всём летательном аппарате в общем формате, создавать математическую модель, строить геометрию и проводить оптимизацию мотогондолы, а также записывать результаты в общепринятом формате данных. Полная автоматизация процесса, а также применение современных методов оптимизации позволили существенно ускорить процесс проектирования и сроков разработки новой авиационной техники.

Радикальное сокращение временных затрат на проведение междисциплинарной оптимизации позволило провести разработку семи новых компоновок всего за 15 месяцев. Полученные результаты позволили оценить эффективность каждой компоновки с точки зрения более чем десятка дисциплин. За это достижение в сентябре 2018 года коллектив проекта был удостоен престижной премии ICAS (International Council Aeronautical Sciences) за Инновации в Аэронавтике.

Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова

Нанопоровые соединения на основе боратов, германатов и иодатов: условия получения, строение, свойства и перспективы применения

Руководитель – Стефанович С.Ю.

В 2018 году определены условия получения новых веществ солевого характера в среднетемпературных гидротермальных растворах для многокомпонентных систем на основе боратов, германатов и иодатов. Синтезирован методом реакций в твердой фазе и исследован новый борат $\text{Rb}_3\text{EuB}_6\text{O}_{12}$ с нецентросимметричным кристаллическим строением. Установлена группа симметрии $R32$, наличие пентаборатных групп B_5O_{10} подтверждено методом ИК-спектроскопии. Нелинейно-оптические свойства исследованы методом генерация второй оптической гармоники (ГВГ). Практическая значимость данного бората определяется прозрачностью в ультрафиолетовой части спектра и высоким выходом ГВГ.

Впервые получены смешанные по анионам кристаллические соединений фосфато-ванадатного семейства сегнетоэлектриков со структурой минерала витлокита.

Выращены и изучены монокристаллы твердых растворов фосфато-ванадатов кальция иттрия.

В системах, содержащих высокополяризуемые ионы свинца в двухвалентном состоянии, получены новые представители германато-силикатных соединений $\text{Cs}_2\text{Pb}_2[(\text{Si}_{0,6}\text{Ge}_{0,4})_2\text{O}_7]$, перспективные в качестве структурной основы для синтеза новых нелинейно-оптических материалов в виде кристаллов и пленок.

Кристаллохимический анализ выявил подобие и различия исследованных соединений со структурой типа α -celsian $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, характеризующейся двойным слоем тетраэдров. Исследованные нелинейно-оптические нецентросимметричные бораты $\text{Pb}_2(\text{BO}_3)(\text{NO}_3)$ и $\text{Pb}_2(\text{BO}_3)\text{Cl}$ относятся к этому структурному типу, в тетраэдрических позициях которого находятся зонтичноподобные группы $[\text{PbO}_3]4-$ и слои $[\text{Pb}_2(\text{BO}_3)]+$ с BO_3 -треугольниками.

Публикации:

1. Atuchin V.V., Subanakov A.K., Aleksandrovsky A.S., Bazarov B.G., Bazarova J.G., Gavrilova T.A., Krylov A.S., Molokeev M.S., Oreshonkov A.S., Stefanovich S.Yu. Structural and spectroscopic properties of new noncentrosymmetric self-activated borate $\text{Rb}_3\text{EuB}_6\text{O}_{12}$ with B_5O_{10} units. *Materials and Design* 2018, V.140, pp. 488–494.

2. Belokoneva E.L., Volkov Anatoly S., Dimitrova O.V., Stefanovich S.Yu. Silicate-germanate $\text{Cs}_2\text{Pb}_2[(\text{Si}_{0,6}\text{Ge}_{0,4})_2\text{O}_7]$: single crystal re-determination of $\text{A}_2\text{Pb}_2[\text{B}_2\text{O}_7]$ structural type with the umbrella-like $[\text{PbO}_3]4-$ group. *J. Solid state Sciences* 2018, V. 78, pp.69–73.

3. Petrova D., Deyneko D., Aksenov S., Stefanovich S., Baryshnikova O., Fedotov S., Burns P., Kosmyna M., Shekhovtsov A., Lazoryak B. Ferroelectricity, ionic conductivity and structural paths for migration of large cations in $\text{Ca}_{10,5-x}\text{Pb}_x(\text{VO}_4)_7$ single crystals, $x = 1,9, 3,5, 4,9$.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова»

1. Условия и формы существования устойчивых и неустойчивых режимов течения в закрученных турбулентных струях и воздействие на них различных факторов

Руководитель проекта: д. т.н. Крашенинников С.Ю.

Объектом исследований были закрученные струи, создаваемые различными завихрительными устройствами, в основном используемыми в авиационных камерах сгорания. Исследовались воздушные и капельно-жидкие струи.

Для различных закручивающих устройств подтверждена универсальность процесса перехода закрученного течения в воздушной струе от состояния, когда нет зоны обратных токов, к течению с зоной обратных токов в приосевой области.

На основании экспериментов установлено, что при продольном звуковом облучении струи проявляется чувствительность струйного течения к звуковому воздействию.

Этот эффект демонстрирует возможность воздействия на струю и может служить отправным моментом для дальнейших исследований.

Заметное воздействие на свойства закрученного струйного течения в опытах по распыливанию жидкости наблюдается при использовании струйного стабилизатора – поперечном выдуве во внутренней области струи.

Показано, что такое воздействие не ухудшает характеристик распыливания жидкости, но сопровождается полезными эффектами: уменьшением зоны обратных токов и сокращением «факела распыливания» – длины области разрушения жидкой плёнки и каплеобразования.

Примеры вычислительного моделирования капельно-жидкого течения при испарении капель подтверждают работоспособность разработанных методов расчёта.

Расчёты, выполненные по разработанной модели распада жидких топливных струй, показали, что размеры образующихся капель равняются 28–29 мкм, что хорошо согласуется с их экспериментальными значениями 30–35 мкм.

2. Особенности моделирования турбулентности в гиперзвуковом потоке

Авторы: д.т.н. Секундов А.Н., Бренева Е.В., Чепрасов С.А., Якубовский К.Я., Макаров А.Ю., Токталиев П.Д.

При выполнении проекта в 2018 году были рассмотрены проблемы и задачи, связанные со сверхзвуковым течением и горением в элементах двигателей перспективных летательных аппаратов. При расчетно-теоретическом исследовании при описании турбулентных течений использовались методы решения осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (RANS, SAS), а также методы моделирования крупных вихрей (LES, LES WALE, DES). В качестве моделей турбулентности и подсеточной турбулентности использовались подходы, в которых учтены эффекты сжимаемости. Для описания горения водорода и метана с воздухом применялись глобальные одношаговые механизмы, а также модели турбулентного горения.

1. Анализ гипотезы Колмогорова в сжимаемом турбулентном потоке.

На примере одномерной турбулентности и вырождения однородной изотропной турбулентности проанализировано выполнение соотношений Колмогорова для несжимаемой жидкости при вариации пульсационного числа Маха от 0 до 1,5. В рамках одномерного и трехмерного подходов с использованием метода LES исследованы структурные функции в однородной изотропной турбулентности. Выявлено влияние на вид структурной функции показателя в экспоненциальной зависимости для корреляционной функции, а также пульсационного числа Маха и турбулентного числа Рейнольдса. Внутри интервала масштабов $\eta \ll r \ll L$ (r – расстояние между точками, η – масштаб турбулентности Колмогорова, L – интегральный масштаб турбулентности) результаты одномерного и 3D расчетов совпадают, а вне этого интервала 3D-расчет совпадает с аппрок-

симацией Колмогорова. Показатель степени в аппроксимации Колмогорова соответствует значению $2/3$ только в определенных узких пределах расстояний и степени связности колебаний.

2. Особенности гиперзвуковых турбулентных струй.

Приведены результаты численного моделирования на основе LES струйного течения с числом Маха 5 и числом Рейнольдса $Re = 107$. Анализ результатов расчетов выявил ряд особенностей течения, не наблюдаемых в дозвуковых струях и в струях с умеренными сверхзвуковыми скоростями. Анализ пространственного распределения значений дивергенции показывает образование локальных скачков уплотнения. В области, которая соответствует положению границы турбулентной части потока, наблюдается «квазискачок уплотнения». В дальнейшем акустическом поле таких струй наблюдаются резкие положительные выбросы пульсаций давления, распределённые случайным образом по времени, а коэффициент асимметрии пульсаций давления достигает значений 0,4 и более, в отличие от струй при умеренных сверхзвуковых скоростях, где этот коэффициент близок к нулю.

3. Расчет сверхзвукового горения в модельной камере сгорания.

В качестве прототипа была выбрана модельная прямоугольная слабо расширяющаяся камера сгорания, на боковой стенке которой через щель подавался водород (имеются опубликованные экспериментальные и расчетные данные). Коэффициент избытка топлива $\Phi = 0,3$, число Рейнольдса – $5 \cdot 10^4$, число Маха на входе в камеру сгорания равно 2. Результаты расчетов показали, что при сверхзвуковых условиях на входе в камеру сгорания горение может осуществляться, по крайней мере, на двух режимах: чисто сверхзвуковое горение, когда во всех точках камеры течение сверхзвуковое, и горение в «псевдоскачке». В случае чисто сверхзвукового горения во всей камере отличная от нуля концентрация водорода наблюдается до выхода из камеры. Имеющиеся скачки уплотнения не упорядочены и относительно слабые. При уменьшенном перепаде давления в камере возникает «псевдоскачок», когда на выходе камеры число Маха не превосходит 1, а горение заканчивается значительно раньше.

4. Горение вблизи стенки.

Горение вблизи стенки определяет уровень теплового потока в стенку и поэтому играет важную роль. Было рассмотрено горение смеси метана и воздуха в длинном плоском канале при коэффициенте избытка воздуха α , равном 1. Нестационарный расчет проводился до тех пор, пока фронт пламени не коснется стенки. При расчетах по модели турбулентного горения пламя достигало стенки, но по расчетам с использованием реакционного механизма этого не происходило.

Публикации:

С. А. Чепрасов. Особенности турбулентной струи при больших сверхзвуковых скоростях. Известия РАН. Механика жидкости и газа, 2018 г, №4, с. 33–40.

Чепрасов С.А. Особенности турбулентной струи при больших сверхзвуковых скоростях. В книге: Нелинейные задачи теории гидродинамической устой-

чивости и турбулентность Материалы XXIII Международной конференции. Ответственные редакторы Н.В. Никитин, Н.В. Попеленская. 2018 г. С. 302.

А.Б. Лебедев, А.Н. Секундов, К.Я. Якубовский. Расчетное моделирование сверхзвукового горения. В сборнике “Nonequilibrium processes: Volume 2. Fundamentals of combustion. Ed. by S.M. Frolov, A.I. Lanshin. TORUS PRESS. Moscow. 2018.”, pp. 405–412.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов»

Разработка материалов нового поколения для аддитивных технологий изготовления конструктивных элементов авиационных и ракетных двигателей

Научный руководитель: к.т.н. Оспенникова О.Г.

Был разработан малоразмерный газотурбинный двигатель (МГТД) на основе открытой конструкции KJ66 (основополагающая конструкция малоразмерных газотурбинных двигателей в классе тяг до 10 кгс) и проведена модернизация под технологические преимущества новой технологии послойного лазерного сплавления, относящейся к классу аддитивных и основывающейся на послойном сплавлении металлических порошков на подложке.

Была определена номенклатура деталей и выбраны материалы для аддитивного производства двигателя. Определено, что с использованием аддитивных технологий целесообразно изготавливать более 90% деталей МГТД за исключением вала, проставочных колец и подшипников. Для изготовления деталей горячего тракта МГТД был выбран жаропрочный никелевый сплав ВЖ159 с рабочей температурой 1000°C, а для изготовления деталей холодной зоны МГТД был выбран алюминиевый сплав АК9ч (АЛ4).

Разработаны технологии получения исходных металлопорошковых композиций сплавов на никелевой и алюминиевой основах. Получение металлических порошков сплавов ВЖ159 и АЛ4 проведено на атомайзере Hermiga 10/100 VI методом атомизации (распыления сплава струей инертного газа), были сформулированы требования к металлопорошковым композициям.

Разработана технология изготовления полного комплекта деталей МГТД с применением новой технологии послойного лазерного сплавления. Для выбранных сплавов коллективом проведена работа по итерационной отработке технологических режимов послойного лазерного сплавления на ведущих установках аддитивного производства с последующим контролем свойств. Полученные механические свойства сплавов ВЖ159 и АК9ч имеют значительную квоту превосходства в 15–20% по пределу прочности в сравнении с традиционными способами изготовления.

Определены основные этапы постобработки деталей двигателя, включающей: удаление технологических поддерживающих структур, проведение

горячего изостатического прессования и термообработка для обеспечения прочностных характеристик нагруженных деталей, снижение шероховатости ответственных поверхностей, обеспечение посадок, балансировка центробежного компрессора и колеса турбины на специализированном оборудовании.

Проведена разработка и сборка демонстрационного стенда для проведения горячих испытаний двигателя. Этап проведен с выпуском конструкторской документации коллективом соискателей совместно с конструкторским отделом ФГУП «ВИАМ».

Проведена адаптация ЭСУД (электронно-цифровая система управления двигателем). Проведена модификация классической системы управления МГТД с внесением изменений в компонентную базу и алгоритм работы для стабилизации и повышения надежности управления МГТД.

Был проведен запуск двигателя МГТД-10 с фиксированием показателей. Зафиксированные параметры работы рабочего образца МГТД удовлетворяют техническим требованиям к рабочим параметрам МГТД в классе тяг до 12 кгс.

Горячие испытания МГТД-10 подтвердили:

- работоспособность деталей и узлов, изготовленных по аддитивным технологиям;
- эффективность технологии изготовления деталей, включая: получение металлопорошковых композиций, синтез деталей, термическую и газостатическую обработки;
- эффективность и достоверность результатов неразрушающего контроля;
- возможность изготовления МГТД с применением аддитивных технологий в кратчайшие сроки (10 дней).

По итогам работы был выпущен ряд технической документации, включающий в себя технологическую инструкцию «Изготовление деталей малоразмерного газотурбинного двигателя МГТД-10 методом послойного лазерного сплавления металлического порошка».

Впервые в России был создан полный цикл аддитивного производства деталей МГТД и газотурбинных установок (ГТУ). В основу цикла был положен метод селективного лазерного сплавления металлопорошковых композиций сплавов разработки ФГУП «ВИАМ». Цикл аддитивного производства включает в себя:

- получение металлопорошковых композиций (МПК) (выплавка литых заготовок под распыление, проведение процесса атомизации, контроль полученных литых заготовок и МПК);
- синтез заготовки детали методом СЛС (доработка электронной модели с учетом особенностей метода СЛС, подготовка электронной модели к печати, проведение процесса СЛС);
- пост-обработка заготовки детали (проведение горячей изостатической и термической обработки, операции по обработке поверхности, контроль свойств синтезированного материала, контроль геометрии детали).

На основе полного цикла аддитивного производства была разработана экспериментальная технология производства детали «жаровая труба» камеры сгорания МГТД с тягой до 1250 Н из жаропрочного никелевого сплава ВЖ159.

Благодаря такому комплексному подходу удалось реализовать основные преимущества аддитивных технологий: повышение коэффициента использования материала, возможность совершенствования конструкции деталей, сокращение времени изготовления. Например, доработка электронной модели для СЛС процесса позволила конструктивно облегчить жаровую трубу на 10% по массе путем снижения толщины стенки с 1,2 до 0,8 мм. Применение аддитивных технологий позволило в 10 раз сократить время изготовления детали «жаровая труба» с 3 месяцев (по традиционной технологии) до 2 недель (аддитивный подход).

Деталь «жаровая труба» успешно прошла стендовые испытания в Инжиниринговом Центре Силовых Установок АО НПО «ОКБ им. М.П. Симонова» на режиме 50–70% от максимального и на испытательном стенде в КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева на режиме 100%.

Также на основе полного цикла аддитивного производства были разработаны технологии изготовления следующих деталей:

- детали для МГТД: сопловой аппарат (кобальтовый сплав ВЛК1); фронтное устройство, реактивное сопло (никелевый сплав ВЖ159); корпус компрессора передний, спрямляющий аппарат, корпус ВНА (алюминиевый сплав АК9ч);

- детали для ГТУ: трехсекционная направляющая лопатка (кобальтовый сплав ВЛК1) и топливная форсунка (никелевый сплав ВЖ159).

По итогам апробации масштабируемой технологии изготовления деталей для линейки МГТД на базе ФГУП «ВИАМ» будет создано высокотехнологичное, энергоэффективное производство по аддитивным технологиям деталей и сборочных единиц МГТД в классе тяг от 100 до 3000 Н для обеспечения полного объема потребностей Российской Федерации в МГТД данного класса.

Публикации:

1. Рогалев А.М., Раевских А.Н., Аргинбаева Э.Г., Прагер С.М. Особенности получения металлопорошковых композиций высокотемпературного интерметаллидного сплава с карбидным упрочнением системы Ni-Al-Ta-C методом газовой атомизации применительно к технологии селективного лазерного сплавления // Вопросы материаловедения. 2018. № 1 (93). С. 115–125..

2. Горбовец М.А., Беляев М.С., Рыжков П.В. Сопротивление усталости жаропрочных никелевых сплавов, полученных методом СЛС // Авиационные материалы и технологии. 2018. № 3 (52). С. 50–55.

Акционерное общество «Летно-исследовательский институт имени М.М. Громова» (АО «ЛИИ им. М.М. Громова»)

1. Летные исследования перспективных опытных двухконтурного двигателя ПД-14 и турбовинтового двигателя ТВ7-117СТ на летающих лабораториях Ил-76ЛЛ

Авторы: к.т.н. А.Д. Кулаков, В.В. Попов, д.т.н. Б.Б. Коровин, В.П. Кузнецов.

В АО «Летно-исследовательский институт им.М.М. Громова» были созданы специализированные летающие лаборатории на базе самолетов Ил-76 с усиленным крылом. Были проведены работы по переоборудованию самолётов Ил-76 №0807 и 3908 в летающие лаборатории (ЛЛ) с целью их адаптации к установке ПД-14 и ТВ7-117 вместо 2-ой штатной СУ с двигателями Д-30КП, оборудованию экспериментальными системами, обеспечивающими работоспособность ДУ ПД-14 и ТВ7-117 и их систем, а также функционированию информационно-измерительной системы на борту ЛЛ.

Перспективный двухконтурный двигатель ПД-14 создан АО «ОДК-Авиадвигатель» в рамках Государственной программы «Развитие авиационной промышленности Российской Федерации», рассчитанной на период с 2012 по 2025 годы. Турбовинтовой двигатель ТВ7-117СТ создан в ПАО «ОДК-Климов» в рамках реализации Гособоронзаказа на создание лёгкого военно-транспортного самолёта Ил-112В.

Летные испытания опытных двигательных установок на летающих лабораториях являются обязательным этапом технологического процесса создания авиационной техники и необходимым условием допуска опытных самолетов, в данном случае – МС-21-300 и Ил-112В, к первому вылету и началу летных испытаний.

По результатам исследований и испытаний АО «ОДК-Авиадвигатель» получило сертификат типа на двигатель ПД-14 Авиареистра МАК. В развитие результатов данной работы будет проводиться валидация сертификата в EASA.

По результатам исследований и испытаний двигателя ТВ7-117СТ на базе АО «ЛИИ им. М. М. Громова» проводится подготовка Заключений и готовится проведение Методического совета экспериментальной авиации в обеспечение начала испытаний нового лёгкого транспортного самолёта Ил-112В с данным двигателем.

Результаты исследований и испытаний изложены в научно-технических отчетах АО «ЛИИ им. М. М. Громова» №№ 48-18-III, 128-18-III, 204-18-III, 57-18-III, 140-18-III, 156-18-III, 195-18-III.

2. Развитие и внедрение методов лётно-прочностных испытаний и оценки состояния авиадвигателей и компонентов силовых установок и систем ЛА

Авторы: д.т.н. Б.Б.Коровин, д.т.н. В.В.Червонюк, д.т.н. В.И.Мельник, к.т.н. О.Н.Былинкина, к.т.н. А.А. Стасевич, к.т.н. В.Б.Митенков.

В АО «Летно-исследовательский институт им. М.М. Громова» в обеспечение испытаний и исследований нагруженности и соответствия параметров двигателей, элементов силовой установки и компонентов ЛА предъявляемым требованиям нормативной документации, постоянно ведутся исследования для уточнения и создания методик и программно-аппаратного обеспечения таких исследований и испытаний. Исследования являются составной частью проводимых по Госконтрактам и хозяйственным договорам на испытания конкретных образцов авиатехники.

По результатам работ:

- внедрён при испытаниях перспективного авиационного комплекса фронтовой авиации ПАК ФА - программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий проведение летно-прочностных и вибрационных испытаний авиационных газотурбинных двигателей нового поколения;

- обеспечены лётно-конструкторские испытания комплекса «Кинжал» в части определения механических нагрузок на его элементы;

- обобщены и систематизированы методы повышения эффективности контроля нагружения ГТД в эксплуатации, обосновано применение перспективных методов;

- сформулированы и обоснованы подходы к оценке технического состояния авиадвигателей (АД) и их компонентов с использованием нейросетевых моделей АД как объектов и воздействий, влияющих на их техническое состояние.

Результаты работ будут далее использоваться в соответствующих испытаниях и аналитических оценках состояния элементов авиадвигателей, компонентов силовых установок и систем ЛА.

Результаты работы изложены в научно-технических отчетах АО «ЛИИ им. М.М. Громова» № № 18-21-III, 239-18-III, 220-17-III, 159-18-III и 160-18-III., в статье №5-18-III в Трудах АО «ЛИИ им. М. М. Громова» и в докладе на X Всероссийской конференции «Тест Мат» во ФГУП «ВИАМ», февраль 2018 г.

3. Внедрение в работах ЛИИ результатов исследований и испытаний двигателей, систем силовой установки и систем ЛА

Авторы: к.т.н. А.Д. Кулаков, к.т.н. Б.Д.Пронин, д.т.н. В.В.Червонюк, к.т.н. А.П.Леут, к.т.н. В.Б.Митенков, к.т.н. Р.Х.Тенишев, инженеры В.П.Кузнецов, А.М.Филизов, А.М.Новиков.

В область компетенции АО «ЛИИ им. М. М. Громова», наряду с исследованиями и испытаниями опытных авиадвигателей, силовых установок (СУ) в целом, систем СУ и ЛА, входит проведение экспертизы технических решений при создании и модификации авиатехники. Ведущие сотрудники НИО-3 ЛИИ являются экспертами по своим направлениям деятельности, что подтверждено Авиарегистром МАК и Росавиацией выдачей соответствующих удостоверений.

В рамках экспертной деятельности за 2018 год выпущены 23 заключения АО «ЛИИ им. М.М.Громова» по силовым установкам, их системам и системам ЛА, взаимодействующим с силовой установкой, о выполнении требований к безопасности полётов и соответствии разрабатываемой авиатехники требованиям руководящих документов. Заключения выпущены по материалам предварительных отработок и результатам экспертиз технических решений, реализованных при создании силовых установок и систем СУ и ЛА (самолёты МС-21, Ил-112В, вертолёты Ми-38, Ми-35, ряд беспилотных ЛА).

Результаты экспертиз обеспечили дальнейшую разработку новых ЛА и двигателей и проведение лётно-конструкторских и государственных испытаний новых ЛА и двигателей.

АО «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов» (АО «ГНЦ НИИАР»)

Совершенствование процесса получения стеклокерамической матрицы муратаит для иммобилизации радиоактивных отходов

Авторы: С.С. Погляд, А.А. Лизин, Е.А. Прыжевская, С.В. Томилин, С.В. Юдинцев, С.В. Стефановский, О.В. Мурасова.

Проведен широкий спектр экспериментальных работ, в результате которых показаны широкие возможности стеклокерамической матрицы типа муратаит по варьированию химического состава, например, за счет замены нерадиоактивной части шихты на остаток от упаривания отработанных дезактивационных растворов. Изучено влияние параметров технологического режима на качество получаемой матрицы, проверены варианты синтеза микроволновым нагревом, методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, нагрева токами высокой частоты. Сделаны выводы о перспективах проектирования установок, определена необходимость образования жидкой фазы для получения структуры муратаита, проведено исследование вариантов снижения рабочей температуры синтеза ниже 1200°C без потери качества, исследовано влияние механохимической активации на режим получения и качество матрицы, проведены испытания химической устойчивости матриц, полученных по наиболее перспективным вариантам.

В результате показаны возможности широкого применения муратаита для иммобилизации радиоактивных отходов (РАО), в том числе с применением принципа «отходы в отходы»: когда из менее активных РАО производится матрица для более активных, найдены пути совместной иммобилизации технологических и нетехнологических РАО, экспериментально подтверждены пути снижения рабочей температуры процесса без снижения качества матрицы, показана крайняя технологическая простота и устойчивость процесса получения и оборудования для его осуществления, показано значительное взаимодействие муратаита с конструкционными материалами, сделаны выводы и показаны возможности применения жертвенных тиглей-контейнеров в качестве дополнительного барьера безопасности.

Следует прогнозировать широкомасштабное внедрение стеклокерамического матричного материала типа муратаит в процессы иммобилизации РАО, в том числе, после дополнительных экспериментов. Очевиден положительный прогноз дальнейшего развития принципа «отходы в отходы», резко сокращающего суммарный объем РАО, требующих окончательного удаления.

Основные публикации:

1. A. Lizin, S. Tomilin, S. Poglyad, Y. Pryzhevskaya, S. Yuditsev and S. Stefanovsky Murataite - a matrix for immobilizing waste generated in radiochemical processing of spent nuclear fuel in Czech Chem. Soc. Symp. Ser. 16, 49–268 (2018) – P. 73

2. Murataite: a matrix for immobilizing waste generated in radiochemical reprocessing of spent nuclear fuel// Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, October 2018, DOI: 10.1007/s10967-018-6236-z

3. Е.А. Прыжевская, С.С. Погляд, А.А. Лизин, С.В. Томилин Экспериментальная проверка процесса получения матриц для иммобилизации высокоактивных отходов на основе отработанных дезактивирующих растворов и конструкционных материалов. В кн.: Всероссийская молодёжная конференция «Научные исследования и технологические разработки в обеспечение развития ядерных технологий нового поколения», Дмитровград, 27–29 марта 2018 г.: тезисы докладов. – Дмитровград: АО «ГНЦ НИИАР», 2018., С. 115.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»

1. Разработка методики долгосрочного прогноза типов ледовых условий в семи районах арктических морей Северного морского пути (СМП) для зимнего периода навигации (октябрь-июнь) в целях обеспечения безопасного, устойчивого и эффективного функционирования трассы СМП

В настоящее время зимнее плавание судов по трассе СМП осуществляется только в пределах Карского моря. Изучение зимних ледовых условий (толщины льда и его количества) позволяет расширить сроки навигационного периода без ущерба безопасности плавания судов. В 2018 году подготовлены данные для каждого месяца зимнего периода по возрастному составу льдов и выявлены закономерности их эволюции в арктических морях, разработаны и подготовлены к испытаниям методики прогнозов типов ледовых условий в морях Карском, Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском для зимнего периода навигации. Проект выполняется для нужд Администрации Северного Морского пути Росморречфлота, которая использует результаты прогноза для разрешительной системы. На основании результатов прогноза производится оценка безопасности плавания судов и выдается разрешение на проход судна по трассе СМП, планируются морские операции и их продолжительность. (ААНИИ, А.В. Юлин)

Данная работа удостоена Премии Русского географического общества в номинации «Лучший научный проект 2018 года».

Публикации:

Павлова Е.А., Шаратунова М.В., Юлин А.В., Иванов В.В. Сезонная и межгодовая изменчивость ледяных массивов Восточно-Сибирского моря // Проблемы Арктики и Антарктики. Том 64, №3, 2018, с. 229–240.

Юлин А.В., Шаратунова М.В «Долгосрочный прогноз площади остаточных льдов в сентябре в Северном Ледовитом океане». Интернет-журнал «Российская Арктика» №2, 2018, с. 4–14.

2. Разработка методов диагностики и текущего прогнозирования (наукастинга) состояния магнитосферы по данным магнитной активности в полярных шапках, которая определяется интенсивностью продольных (текущих вдоль магнитных силовых линий) токов, генерируемых в пограничных областях магнитосферы при её взаимодействии с солнечным ветром

Величина магнитной активности характеризуется разработанным в ААНИИ РС (polar cap) индексом, который рассчитывается в режиме реального времени по данным магнитных измерений на полярных станциях «Восток» (Антарктика) и Туле (Арктика). Мощность магнитосферных возмущений всегда пропорциональна величине РС индекса, что свидетельствует о том, что РС индекс является показателем энергии, поступающей в магнитосферу при её взаимодействии с геоэффективным солнечным ветром. В этом качестве РС индекс может использоваться в целях мониторинга «космической погоды» и прогнозирования магнитных бурь, обеспечивая независимость от зарубежной спутниковой информации о солнечном ветре. Более того, солнечный ветер, измеряемый американским спутником ACE на большом удалении от Земли (~ 1,5 млн. км.), в 30% случаев проходит мимо магнитосферы, тогда как РС индекс всегда свидетельствует о солнечном ветре, реально взаимодействующем с магнитосферой. Как показатель поступающей в магнитосферу энергии солнечного ветра, РС индекс может служить стандартом в оценке мощности различных магнитосферных и ионосферных возмущений. ААНИИ по предложению Международной организации по стандартам (ISO) подготовил рабочий проект «Оперативный контроль поступающей в магнитосферу энергии солнечного ветра с использованием наземного РС индекса», который был представлен в октябре 2018 года экспертам рабочей группы WG4 («Космическая окружающая среда») подкомитета ТК20/ПК14 ISO («Космические системы и эксплуатация»). Эксперты одобрили новый рабочий проект и рекомендовали включить проект в план будущих разработок ISO. (ААНИИ, О.А. Трошичев).

Публикации:

O.A. Troshichev and D.A. Sormakov (2018) PC index as a proxy of the solar wind energy that entered into the magnetosphere: 3. Development of magnetic storms, J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 180, 60–77.

O. Troshichev, D. Sormakov and R. Behlke (2018) Relationship between PC index and magnetospheric field-aligned currents measured by Swarm satellites, J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 168, 37-47.

Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук (ГНЦ РФ – ИМБП РАН)

1. Нейробиологические эффекты синхронного комбинированного действия антиортостатической гипокинезии (АНОГ), гамма-облучения и облучения ионами углерода ^{12}C в эксперименте на приматах

Эксперименты на приматах, позволяющие моделировать базовые элементы операторской деятельности, являются единственным способом оценить риск ее нарушений при воздействии важнейших факторов риска межпланетного полета – космической радиации и гипогравитации, наземной моделью которой является АНОГ.

Анализ динамики когнитивных процессов у обезьян после синхронного комбинированного воздействия АНОГ и двух видов ионизирующих излучений (суточное гамма-облучение в состоянии АНОГ в суммарной дозе 1 Гр и облучение головы ионами углерода ^{12}C в дозе 1 Гр) показал, что 7-дневная гипокинезия + гамма-облучение оказали влияние как на животных со слабо выраженной пластичностью нервных процессов, так и на животных устойчивого, уравновешенного типа ВНД. У животных возбудимого типа снизилось число успешных решений тестов. Облучение животных ионами углерода ^{12}C существенно не отразилось на их когнитивных функциях. Данные изменения сопровождались снижением ряда моноаминов и их метаболитов в периферической крови. В частности, достоверно снизилась концентрация НА, ГВК и 3-МТ, а также метаболита серотонина 5-ННАА при комбинированном воздействии АНОГ и ионизирующих излучений, что позволяет предположить аналогичные изменения в мозге животных. Подобный эксперимент проведен впервые в мире и впервые получены экспериментальные данные о возможных изменениях когнитивных функций, лежащих в основе операторской деятельности и их нейрохимических коррелятах.

На основании полученных экспериментальных данных можно заключить, что фактор гипогравитации является более существенным в плане возможных нарушений таких базовых элементов операторской деятельности как задачи слежения и экстраполяции движения объекта, нежели ионизирующие излучения (ионы ^{12}C). При этом успешность операторской деятельности существенно зависит от психологического типа. По-видимому, в мозге происходят соответствующие изменения нейрохимических процессов, но они компенсируются на интегративном уровне функционирования ЦНС.

Полученные данные могут быть использованы для оценки возможного риска нарушений операторской деятельности космонавтов в межпланетных полетах, хотя требуется продолжение этих исследований с применением облучения животных ионами с более высокими значениями Z .

2. Ангиогенная активность мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток (МСК) из жировой ткани при моделировании эффектов микрогравитации

Авторы: Ратушный А.Ю., Ездакова М.И., Жидкова О.В., Якубец Д.Н., Буравкова Л.Б..

Впервые изучено влияние мезенхимальных стромальных клеток (МСК) на регуляцию ангиогенеза при моделировании эффектов микрогравитации (96 часов). Показано, что микрогравитация активирует проангиогенные свойства МСК по сравнению с контролем, что проявлялось в более активном сосудо-

образовании в системе *in ovo*, формировании большего числа капилляроподобных структур в матриксе, увеличении миграционной способности эндотелиальных клеток. Эти эффекты были обусловлены увеличением в МСК транскрипции генов, продукты которых активируют ангиогенез, включая BDNF, CXCL, VEGF, DKK1, FGF5, GDF10, VEGFA. Анализ 55 белков, связанных с ангиогенезом, и иммуноферментный анализ среды культивирования выявили увеличение ангиорегуляторов Serpin E1, Serpin F1, IGFBP3, снижение TIMP-1 и увеличение IL-8 и VEGF. По-видимому, именно влиянием этих двух цитокинов объясняется стимулирующая паракринная активность МСК на ангиогенез при моделировании эффектов микрогравитации.

Публикации:

1. Ratushnyy A., Ezdakova M., Yakubets D., Buravkova L.B. Angiogenic Activity of Human Adipose-Derived Mesenchymal Stem Cells Under Simulated Microgravity // *Stem cells and development*. 2018. V. 27(12). – P. 831–837.

2. Якубец Д.А., Ратушный А.Ю., Буравкова Л.Б. Экспрессия генов паракринных медиаторов мезенхимальных стромальных клеток на ранних этапах моделирования эффектов микрогравитации // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2018. – Т. 52. – №6. – С. 45–49.

3. Разработка средств профилактики развития заболеваний сердца и сосудов и портативных телемедицинских устройств мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы с применением методов космической медицины.

Проведено 27 экспериментальных исследований на центрифуге короткого радиуса (ЦКР) с использованием перегрузок направления «голова-таз» (+Gz) на уровне стоп максимально до 2,0; 2,4 и 2,9 ед. для определения информативных и наукоемких методов оценки оптимальных режимов вращений, контроля состояния человека и критериев оценки информативности методов применительно к разработке проблемы создания искусственной силы тяжести (ИСТ). Контроль эффективности применения ЦКР проводился при помощи набора тестовых методик, в том числе используемых в настоящее время на борту Международной космической станции. Наиболее перспективными для профилактики негативных последствий микрогравитации являются режимы с максимальными величинами перегрузок на уровне стоп до 2,0 и 2,9 ед.

ЦКР нового поколения – полностью российская разработка ГНЦ РФ – ИМБП РАН – создавалась с учетом предыдущего опыта работы, а также мировых аналогов. Имеет ряд преимуществ перед зарубежными аналогами и позволяет решать весьма широкий спектр задач космического назначения. Создан методологический задел для разработки комплексного подхода профилактики развития заболеваний сердца и сосудов с применением методов космической медицины для проведения комплексных экспериментов по проблеме ИСТ и решения проблем освоения человеком дальнего космоса при полетах за пределы магнитосферы Земли. Итогом целенаправленных наземных исследований будет разработка бортового варианта центрифуги короткого радиуса с перспективой апробации наземных результатов в орбитальных

полетах. В основе разработки проекта заложены технологии космической экспериментальной медицины, не имеющие аналогов у нас в стране и за рубежом. На момент формирования программы аналогичные исследования не проводились.

Полученные результаты могут послужить основанием для дальнейшего изучения действия ИСТ в интересах практической медицины, в частности, нейрофизиологического механизма регуляции внутриглазной гидродинамики, что является сферой научного поиска в вопросе патогенеза глаукомы.

4. Изучение пластичности коры головного мозга в длительных космических полётах (ДКП)

Авторы Козловская И.Б., Томиловская Е.С., Рукавишников И.В., Носикова И.Н.

Предметом работ лаборатории гравитационной физиологии сенсомоторной системы ГНЦ РФ – ИМБП РАН в 2018 году стало изучение пластичности коры головного мозга в длительных космических полётах (ДКП). С этой целью у десяти космонавтов – членов экипажей ДКП со средней длительностью полёта в 189 дней, с использованием методов ядерно-магнитной томографии головного мозга анализировали объём серого вещества и спинномозговой жидкости до начала полёта, на 7–9-е и на 180–209-е сутки после его завершения. Параллельно исследования выполняли в группе контроля у 12-ти добровольцев, не принимавших участие в ДКП.

У космонавтов объём серого вещества, представленный массой нервных элементов мозга, после ДКП достоверно снижался. Максимально выраженным это снижение (до 3,3%) было сразу после завершения полёта в орбито-фронтальной и височной областях коры больших полушарий, постепенно компенсируясь (до 1,2% в сравнении с предполётным уровнем) в течение шести месяцев после завершения полёта. Объём жидкости в мозге, в том числе в его желудочках, после полёта, напротив, был увеличен с максимальными изменениями, достигавшими 12,9% в третьем желудочке. Через 6 месяцев после завершения ДКП объёмы желудочков головного мозга возвращались к исходным значениям, однако количество жидкости в субарахноидальном пространстве при этом оставалось увеличенным, даже в сравнении со значениями, зарегистрированными в первые дни после завершения полёта.

В группе контроля достоверные изменения морфометрических показателей в указанные сроки не обнаруживались.

Полученные данные позволяют заключить, что длительное пребывание в невесомости обуславливает развитие обратимых функциональных перестроек в головном мозге человека, компенсируемых в клеточном составе в течение шести месяцев после завершения ДКП. Изменения в объёмах жидкостных пространств головного мозга при этом сохраняются в течение более длительного времени и требуют, по-видимому, применения дополнительных реабилитационных мер.

Опубликовано в New England Journal of Medicine.

5. Успешное завершение автономных испытаний дозиметра индивидуального «ДИ ПТК» для экипажа пилотируемого транспортного корабля «Федерация»

Успешное завершение автономных испытаний дозиметра индивидуального для экипажа перспективного транспортного корабля «Федерация».

В рамках договора с ПАО «РКК «Энергия» по разработке средств дозиметрического контроля для экипажа перспективного транспортного корабля (ПТК) «Федерация» был разработан и успешно прошел автономные испытания дозиметр индивидуальный «ДИ-ПТК». В отличие от индивидуального дозиметра экипажей МКС (сборка ИД-3МКС, используется с 2001 г.) вновь разработанный дозиметр индивидуальный «ДИ-ПТК» за счет использования комбинации термолюминесцентных и твердотельных трековых детекторов позволяет измерять радиационную нагрузку в терминах эквивалентной дозы, т.е. с учетом коэффициента качества QF сложного по составу космического ионизирующего излучения, для которого QF может меняться в интервале от 1 до 5. Новая разработка «ДИ-ПТК» актуальна как для околоземных полетов, так и для лунных миссий. Для повышения точности учета радиационных нагрузок в терминах эквивалентной дозы целесообразно перейти на новый тип индивидуальных дозиметров и для космонавтов МКС.

Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики (ЦНИИ РТК)

Аппаратная нормотермическая перфузия изолированной донорской печени для трансплантации

Авторы: Грязнов Н.А., Харламов В.В., Гатаулин Я.А., Юхнев А.Д., Шумилов А.В., Никитин С.А., Сенчик К.Ю., Резник О.Н., Скворцов А.Е.

Главной проблемой, ограничивающей применение трансплантации во всём мире и снижающей её доступность, является дефицит донорских органов, обусловленный стандартной практикой их получения от умерших с диагностированной смертью мозга. Установление диагноза смерти мозга является длительной процедурой и требует привлечения большого числа специалистов, что приводит к утрате качества донорского органа. Для решения этой проблемы в Российской Федерации создан научно-практический и научно-технический задел по применению нормотермической перфузии донорских органов как *in situ*, так и *ex vivo*.

В ЦНИИ РТК (в рамках ФЦП «Исследования и разработки») была проведена научно-исследовательская работа, благодаря которой удалось разработать и создать экспериментальный образец аппаратно-программного комплекса (ЭО АПК) для восстановления, поддержания и жизнеспособности изолированной донорской печени методом нормотермической перфузии. Одним из ключевых компонентов разработанного комплекса являются адаптивные алгоритмы

функционирования перфузионного комплекса, которые, в сочетании с разработанной конструкцией центробежных насосов, позволяют минимизировать травмируемость форменных элементов крови, за счёт плавного регулирования уровня сопротивлений сосудистых систем печени, что в конечном счёте позволяет дольше сохранять орган в состоянии, пригодном для трансплантации.

Следующим шагом в развитии проекта является выполнение опытно-конструкторских работ (в рамках постановления Правительства Российской Федерации от 09.04.2010 г. №218 «О мерах государственной поддержки...»), которые позволили в кооперации с предприятием ОПК – АО «НПО «СПЛАВ» и ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России, используя задел, полученный ранее, создать перфузионный комплекс донорских органов (ПК ДО). Сегодня ведутся работы по подготовке и организации серийного производства ПК ДО, на 2019 год запланированы испытания и получение регистрационного удостоверения.

Публикации:

Gryaznov, N.A., Kharlamov, V.V., Gataulin, Y.A., Yukhnev, A.D., Shumilov, A.V., Nikitin, S.A., Reznik, O.N., Skvortsov, A.E. An Adaptive Algorithm for Machine Perfusion of Isolated Donor Liver // Biomedical Engineering. Vol. 51 (6), 2018. – С.401–406.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Крыловский государственный научный центр»

Перспективное гибкое радиопоглощающее покрытие на основе композитов для снижения радиолокационной заметности морских объектов.

Авторы: А.В. Матвеев, В.Г. Булгакова, С.А. Позднякова, В.В. Залипаев, А.А. Ржевский.

С целью внедрения современных стелс-технологий разработано перспективное гибкое радиопоглощающее покрытие на основе композитов для снижения радиолокационной заметности морских объектов. Проведены теоретические и экспериментальные исследования возможности применения композитных материалов на основе токопроводящих и диэлектрических слоев для создания широкодиапазонных радиопоглощающих покрытий. Изготовлен лабораторный образец гибкого радиопоглощающего покрытия с повышенной пожаро- и износостойкостью.

Технология позволяет при средней оснащенности производства обеспечить быстрое и недорогое производство радиопоглощающих покрытий. Средний коэффициент отражения для разработанных РПП в широком диапазоне СВЧ частот составляет минус 15 дБ. Удельная плотность материала составляет от 5 до 6,5 кг/м³. Получен патент на полезную модель.

Разработана методика расчета отражательных характеристик радиопоглощающих покрытий из слоистых структур из тонких поглощающих проводников разных типов, расположенных над идеально-проводящим экраном. Разработана

на компьютерная программа на базе Matlab для вычисления спектра коэффициента отражения от слоистой структуры по мощности.

Использование полученных результатов предполагается при создании опытных образцов эффективных гибких и тонких покрытий для снижения радиолокационной, оптиколокационной и тепловой заметности кораблей ВМФ.

Публикации:

Булгакова В.Г. и др. Радиопоглощающие покрытия на основе метаповерхностей // Труды ВОКОР-2018. – СПб, 2018.

V. Zalipaev, S. Kosulnikov, S. Glybovski, A. Schelokova, A. Slobozhanyuk, P. Belov. Mode Hopping in 1D Arrays of Resonant PEC Thin Wires over an Interface Between Two Dielectric Media. Congress on Metamaterials. Espoo, Finland, 2018.

V.V. Zalipaev. Electromagnetic Localized Modes of Linear Periodic Arrays of Thin Metallic Wires. Proceedings of Days on Diffraction. St.-Petersburg, Russia, 2018.

V. V. Zalipaev and S. Yu. Kosulnikov. Electromagnetic Guided Modes for Periodic Arrays of Thin Metallic Wires Near Interface Between Two Dielectric Media. Proc. R. Soc. A, 2018.

S. Kosulnikov, V. Zalipaev S. Glybovski, A. Schelokova, A. Slobozhanyuk, P. Belov. Mode Hopping in Arrays of Resonant Thin Wires over a Dielectric Interface. Phys. Rev. B, 2018.

Акционерное общество «Концерн «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор»

1. Исследования в области инерциальной навигации

Выполнен цикл исследований, направленный на создание высокоточной бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) на волоконно-оптических гироскопах (ВОГ). Показано, что этот вид БИНС обладает неоспоримыми преимуществами в части точностных и эксплуатационных характеристик перед ранее созданными. В 2018 году завершены исследования основных факторов, влияющих на точностные характеристики БИНС, построены тепловая модель и модель дрейфа ВОГ, разработан опытный образец БИНС и проведены его всесторонние испытания.

Работы по повышению точностных характеристик ВОГ выполнены совместно молодыми учеными концерна и Национального исследовательского университета ИТМО под руководством профессора И.К. Мешковского. Определены влияние изменения температуры на выходной сигнал ВОГ, источники избыточных шумов в гироскопе и методы их компенсации.

В БИНС впервые в отечественной практике разработана и реализована схема автокомпенсации дрейфа нуля-пункта БИНС и на этой основе построена высокоточная БИНС. Исследования выполнены доктором технических

наук Г.И. Емельянцевым, кандидатом технических наук А.П. Степановым и Б.А. Блажновым, руководитель работы – академик РАН В.Г. Пешехонов.

В среднесрочной перспективе БИНС на ВОГ станут основным средством автономной навигации кораблей Военно-Морского Флота, специальных исследовательских судов и автономных аппаратов.

Публикации:

Пешехонов В.Г. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы – основа навигационного обеспечения перспективных кораблей // Межотраслевая научно-практическая конференция «Военное кораблестроение России. Кораблестроение в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы» («ВОКОР-2018»), 24–25 октября 2018, Санкт-Петербург.

2. Новое поколение гироскопов

Важным этапом в развитии гироскопической базы должна стать разработка гироскопа, построенного на новом для гироскопии физическом принципе – эффекте ядерно-магнитного резонанса (ЯМР-гироскоп). Важными потенциальными преимуществами такого гироскопа станут малые габариты и нечувствительность к механическим воздействиям.

В России макетный образец ЯМР-гироскопа был разработан в Институте ядерной физики МГУ имени М.В. Ломоносова (руководитель разработки – доктор физико-математических наук Р.М. Умарходжаев) более 30 лет назад. Макет подтвердил возможность измерения угловой скорости (т.е. продемонстрировал гироскопический эффект), но конструктивное исполнение, массогабаритные и точностные характеристики были очень далеки от требуемых.

Концерн в рамках проекта, поддержанного Фондом перспективных исследований, ведет совместно с ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН (руководители направлений исследований – доктор физико-математических наук А.К. Вершовский и член-корреспондент РАН В.М. Устинов) и Институтом ядерной физики МГУ имени М.В. Ломоносова (руководитель – доктор физико-математических наук Р.М. Умарходжаев) исследовательскую работу, которая должна закончиться испытанием прототипа высокоточного ЯМР-гироскопа. В 2018 году завершен цикл теоретических исследований, в частности оценены все факторы, влияющие на точностные характеристики ЯМР-гироскопа

Разработан и экспериментально исследуется первый вариант прототипа ЯМР-гироскопа (руководитель – к.т.н. Г.В. Безмен).

Полученные результаты дают основание ожидать, что в среднесрочной перспективе будет создан гироскоп, необходимый для навигации и стабилизации высокодинамичных объектов.

Публикации:

Вершовский А.К., Литманович Ю.А., Пазгалев А.С., Пешехонов В.Г. Гироскоп на ядерно-магнитном резонансе: предельные характеристики // Гироскопия и навигация. Т. 26. №1 (100). 2018. С. 55–80).

Акционерное общество «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А. Г. Ромашина»

Разработка высокопрочных, облегченных, гетерогенных и моно- композиций авиационного остекления на основе монолитного поликарбоната и технологии их производства

Разработаны основы создания высокопрочного облегченного гетерогенного и моно остекления на основе поликарбоната для авиационной техники и технологии формования сложнопрофильных (3D), крупногабаритных изделий из полимерных стекол. Впервые в стране разработаны и реализованы композиции авиационного остекления на основе монолитного поликарбоната, превосходящие зарубежные аналоги и обеспечивающие:

- увеличение динамической прочности остекления в 1,5–2 раза;
- снижение массы птицестойкого остекления в 2,0 раза;
- отсутствие осколков при динамическом ударе;
- увеличение скорости отстрела фонаря в случае внештатной ситуации на 20%.

Разработана не имеющая мировых аналогов промышленная технология формования сложнопрофильных (3D) крупногабаритных изделий авиационного остекления из листовых полимерных стекол, превосходящая по своей эффективности зарубежные аналоги технологий литья под давлением.

Разработанные технологии в полном объеме реализованы в серийном производстве ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина. Изделия остекления на основе монолитного поликарбоната успешно прошли весь необходимый цикл испытаний и используются на многоцелевом вертолете Ка-62 (АО «Камов») и самолете пятого поколения Су-57 (ПАО «Компания «Сухой»), быстроходном корабле «Комета 120М». Ведутся работы по созданию остекления на основе монолитного поликарбоната для самолетов Су-35/Су-35С, Су-34, а также RRJ – 75, МС – 21.

Результаты работы защищены шестью патентами Российской Федерации, они представлялись на международных и отечественных конференциях. Работа успешно прошла конкурсный отбор в Минобрнауки России, а ее авторы от АО ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина – Самсонов В.И., Силкин А.Н., Хмельницкий А.К., Чумбаров М.Ю. и Шаталин В.А. стали лауреатами Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2018 год.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр «Институт иммунологии» Федерального медико-биологического агентства»»

1. Роль лимфоцитарного фосфатазо-ассоциированного фосфопротеина (LPAР) в передаче межклеточного сигнала при активации В-клеток

Авторы: Филатов А.В., Круглова Н.А..

Лимфоцитарный фосфатазо-ассоциированный фосфопротеин (Lymphocyte Phosphatase Associated Phosphoprotein, сокращенно LPAP), тесно ассоциированный с фосфатазой CD45, был описан в 1991 г. Этот белок располагается в непосредственной близости от антиген-специфических рецепторов и молекул, которые осуществляют проведение сигнала внутрь клетки. Функция LPAP до сих пор не определена, но есть данные о том, что LPAP может контролировать молекулу CD45 и таким образом принимать участие в сигналинге (передаче сигнала) Т-клеток. Знания о белок-белковых взаимодействиях (интерактоме) LPAP оказались бы полезными для установления его функции и новых деталей активации Т-клеток.

Авторы исследования предприняли первое систематическое изучение интерактома LPAP и использовали набор методов, позволяющих детектировать как прочные, так и слабые и/или временные взаимодействия. Ранее авторы предположили, что функциональную роль LPAP можно установить при изучении фосфорилирования этой молекулы. Были идентифицированы 4 сайта, по которым происходит фосфорилирование белка LPAP, и показано, что фосфорилирование LPAP является строго регулируемым процессом. На новом этапе работы был сделан следующий шаг в изучении функции LPAP. Был обнаружен комплекс LPAP, в состав которого входит молекула CD45, и была определена киназа, которая осуществляет фосфорилирование этой молекулы. Ею оказалась протеинкиназа 2 (СК2). СК2 фосфорилировала *in vitro* как рекомбинантный, так и нативный LPAP. Ингибитор CX-4945 предотвращал фосфорилирование LPAP в клетках Jurkat. СК2 является плеiotропной киназой, для которой определено более 300 различных белковых субстратов.

Таким образом, установлено, что протеинкиназа 2 фосфорилирует белок LPAP по Ser-153. Предполагается, что молекула LPAP может функционировать как ко-регулятор при передаче сигнала в Т-лимфоцитах.

Публикации:

Kruglova N., Tsoy T., Byazrova M., ‘LPAP - an elusive protein at the heart of lymphocyte signaling’, 19–22 October, 2018, 10th EFIS-EJI South Eastern European Immunology School (SEEIS2018), Yerevan, Armenia; Kruglova N., Tsoy T., Byazrova M., Filatov A., “Is LPAP a signaling molecule?”, 25–20 August 2018, EMBO Conference “Lymphocyte Antigen Receptor Signalling”, Siena, Italy.

2. Новые данные о роли интерлейкина-33 при вирус-индуцированных осложнениях бронхиальной астмы: подавление интерлейкина-33 не влияет на течение вирусной инфекции, но приводит к нивелированию признаков бронхиальной астмы

Авторы: Хаитов М.Р., Гайсина А.Р., Шиловский И.П., Никонова А.А.

В Институте иммунологии впервые в мире разработаны уникальные экспериментальные модели бронхиальной астмы (БА) и ее осложнений, вызванных вирусами, что позволило изменить всю стратегию изучения механизмов заболевания и разработки подходов к лечению. Заболеваемость БА в мире достигает 20%, смертность до 300 000 человек в год, основной причиной смертности

(до 80% случаев) являются обострения, вызванные острыми респираторными вирусными инфекциями (ОРВИ), особенно респираторно-синцитиальным вирусом (РСВ) и риновирусом (РВ). На экспериментальной модели исследовали причины формирования аллергопатологии, в частности, участие цитокинов в патогенезе вирус-индуцированных осложнений БА. Показано, что при аллергической БА экспрессия регуляторного цитокина интерлейкина-33 (IL-33) в ткани легких практически не меняется, тогда как вирусная инфекция значительно усиливает экспрессию IL-33. Это связано с воздействием патогена на эпителиальные клетки дыхательных путей, которые, в свою очередь, высвобождают IL-33 в результате некроза. Одновременное воздействие вируса и аллергена приводит к значительному повышению экспрессии IL-33 в ткани легких, способствуя более выраженному воспалительному процессу в легких, что проявляется в усиленной инфильтрации ткани Т-клетками, В-клетками, нейтрофилами и эозинофилами.

Экспрессия IL-33 индуцируется в ответ на вирусную инфекцию и осложняет течение БА. Подавление IL-33 не влияет на течение вирусной инфекции, но приводит к нивелированию признаков БА.

Разработанные экспериментальные модели и выяснение роли цитокинов в патогенезе способствуют разработке терапии БА и вирус-индуцированных осложнений.

Публикации:

Khaitov, M. R., Gaisina, A. R., Shilovskiy, I. P., Smirnov, V. V., Ramenskaia, G. V., Nikonova, A. A., & Khaitov, R. M. (2018). The role of interleukin-33 in pathogenesis of bronchial asthma. new experimental data. *Biochemistry (Moscow)*, 83(1), 13–25. doi:10.1134/S0006297918010029.

3. Разработка новых способов противоопухолевой иммунотерапии с помощью активации противоопухолевых свойств дендритных клеток при действии агонистов PR рецепторов

Авторы: Багаев А.В., Пичугин А.В., Атауллаханов Р.И.

Важным направлением противоопухолевой терапии является иммунотерапия, в том числе, активация защитных факторов организма. Одним из таких факторов являются дендритные клетки.

На экспериментальной модели впервые показано, что фармацевтический агонист TLR4 стимулирует противоопухолевую активность дендритных клеток, которые приобретают способность убивать все исследованные типы раковых клеток как мыши, так и человека. Впервые показано, что два подтипа дендритных клеток, полученных из костного мозга мышей, которые имеют фенотип CD11c+CD11b+I-A/E^{interm} и CD11c+CD11b+I-A/E^{high}, обладают разным механизмом противоопухолевого действия. Первая популяция вырабатывает как IFN- β , так и пероксинитрит, а вторая – только IFN- β . Популяция с фенотипом CD11c+CD11b+I-A/E^{interm} обладает повышенной экспрессией CD115 (рецептора MCSF) и морфологически проявляет признаки макрофагов.

Таким образом, исследованы механизмы противоопухолевого действия дендритных клеток и впервые показана их прямая противоопухолевая активность.

Полученные результаты имеют большое значение для разработки новых способов противоопухолевой иммунотерапии.

Публикации:

Alexander Bagaev, Aleksey Pichugin, Edward L. Nelson, Michael G. Agadjanyan, Anahit Ghochikyan, Ravshan I. Ataullakhanov «Anticancer Mechanisms in Two Murine Bone Marrow–Derived Dendritic Cell Subsets Activated with TLR4 Agonists»// The Journal of Immunology March 2, 2018, j11701126.

4. Создание системы метаболического репрограммирования иммунной системы и использование активаторов врожденного иммунитета в спорте высоких достижений и в качестве альтернативы антибиотикам в борьбе с инфекционными заболеваниями

Авторы: Дагиль Ю.А., Муругина Н.Е., Будихина А.С., Муругин В.В., Мельников М.В., Климова С.В., Пинегин Б.В., Пашенков М.В.

В Институте иммунологии разработана система метаболического репрограммирования иммунной системы. Метаболическое репрограммирование представляет собой перестройку метаболизма клеток иммунной системы в результате активации врожденного иммунитета. Оно является альтернативой использованию антибиотиков при инфекционных заболеваниях, особенно в связи с проблемой резистентности, а также может применяться в спорте высоких достижений. Корректируя метаболизм клеток иммунной системы, можно модулировать течение воспалительных заболеваний и действие иммуностимуляторов.

С помощью новой разработанной в Институте клеточной модели исследовали активаторы врожденного иммунитета, которые являются агонистами рецепторов NOD1 и NOD2 врожденного иммунитета. Показано, что некоторые модуляторы метаболизма, в частности 2-дезоксиглюкоза при взаимодействии с агонистами рецепторов NOD1 и NOD2 повышают способность лейкоцитов убивать условно патогенные бактерии.

Созданная модель для исследования активаторов врожденного иммунитета открывает перспективы для использования метаболического репрограммирования и активации клеток иммунной системы в спорте высоких достижений и в качестве альтернативы антибиотикам в борьбе с инфекционными заболеваниями

Публикации:

Pashenkov MV, Dagil YA, Pinegin BV. NOD1 and NOD2: molecular targets in prevention and treatment of infectious diseases. Int Immunopharmacol 2018; 54: 385–400.

Dagil YA, Sharova VS, Pinegin BV, Pashenkov MV. A cell-based test system for the assessment of pharmacokinetics of NOD1 and NOD2 receptor agonists. Int Immunopharmacol 2018; 63: 94–100.

5. Дендримерные катионные пептиды – перспективные транспортеры для генной терапии

Авторы: С.М.Андреев, М.Р.Хайтов

В Институте иммунологии разработаны новые эффективные транспортные системы на основе дендримерных катионных пептидов (ДКП) для целевой доставки лекарственных средств в клетки-мишени при генной терапии. Эффективность доставки лекарственного препарата проверена на разработанной впервые в мире оригинальной экспериментальной модели бронхиальной астмы, которая позволила изменить всю стратегию изучения механизмов заболевания, разработки подходов к лечению и оценки терапевтических препаратов. Благодаря содержанию необычных амидных связей (ε-связей), ДКП устойчив к ферментативному разрушению, он также содержит специальную функциональную группу для прикрепления к ней флуоресцентного зонда, чтобы проследить распределение пептида по органам и тканям. Препарат, представляющий комплекс микроРНК для терапии аллергической бронхиальной астмы, и ДКП в качестве трансфецирующего агента, вводили интраназально. Показана тропность препарата к клеткам-мишеням (клеткам легочной ткани), низкая токсичность и низкая гемолитическая активность.

Комплексный препарат, содержащий микроРНК и использующий ЛТР в качестве трансфецирующего агента, успешно прошел доклинические испытания.

В настоящее время в Институте иммунологии созданы новые ДКП, обеспечивающие трансфекцию на 1–2 порядка выше, чем ЛТР.

Публикации:

Kozhikhova K., Andreev S., Shilovskiy I., Timofeeva A., Gaisina A., Shatilov A., Turetskiy E., Andreev I., Smirnov V., Dvornikov A., Khaitov M. A novel peptide dendrimer LTP efficiently facilitates transfection of mammalian cells. Org. Biomol. Chem., 2018, 08 Oct, 16: 8181–8190.

АО «Государственный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений» (ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС»)

Разработка технологии и создание опытного производства силиконовых гелей с регулируемыми значениями модуля упругости для изготовления двухслойных экзопротезов молочной железы

Материалы на основе силиконов в силу своей высокой биологической инертности являются практически единственным искусственным материалом, пригодным для использования в исправлении врожденных и приобретенных дефектов мягких тканей человека, для пластической хирургии, при изготовлении экзо- и эндопротезов молочной железы, для других медицинских целей.

Силиконовые экзо- и эндопротезы молочной железы используются в реконструктивной хирургии даже после удаления злокачественных опухолей.

ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС» разработал новые силиконовые материалы (гели) с регулируемыми значениями модуля упругости, которые наиболее широко используются в качестве наполнителей при изготовлении двухслойных экзопротезов молочной железы.

Компаунды для получения двухслойных экзопротезов молочной железы разработаны на основе отечественного сырья. Новые материалы аналогичны по эксплуатационным характеристикам подобным материалам ведущих европейских и китайских фирм: Wacker, Blustar и др.

Работа выполнена в рамках приоритетных направлений «Индустрия наносистем» и «Науки о жизни» и критической технологии «Биомедицинские и ветеринарные технологии».

Центральный научно-исследовательский институт химии и механики (ФГУП «ЦНИИХМ»)

Прибор автономной навигации водолаза

Разработанный ФГУП «ЦНИИХМ» прибор автономной навигации водолаза относится к средствам подводной навигации и не имеет аналогов. Он позволяет вычислять и отображать траекторию движения, текущие навигационные данные водолаза в реальном масштабе времени с привязкой к электронным морским картам с указанием географических координат, скорости движения, углов ориентации, глубины погружения, расстояния до дна, состояния заряда аккумуляторной батареи, а также даты и времени.

Технический результат заключается в повышении точности позиционирования и навигации водолаза под водой в любых условиях применения, расширении функциональных возможностей путем навигации по контрольным точкам маршрута с использованием электронных морских карт и их корректировки в любой момент времени с учетом текущей траектории движения водолаза и данных спутниковой навигационной системы.

Прибор может быть использован для навигации, точного позиционирования и перемещения водолаза при проведении подводных исследований или свободном плавании под водой.

При практической реализации полученных результатов значимым стало создание средства автономной подводной навигации водолазов, которое по совокупности технических характеристик превосходит лучшие зарубежные аналоги.

В ходе проводимых исследований выявлены:

- оптимальный состав системы и реализуемые конструктивно-технологические решения;
- рациональное комплексирование данных инерциальных, гидроакустических, магнитных датчиков, для повышения точности навигационного решения;

– разработаны новые алгоритмы обработки и анализа сигналов.

Прогнозы по развитию в этом направлении позволят разработать научно-методический аппарат исследовательского проектирования подводных навигационных систем.

По результатам исследований в 2018 году были сделаны доклады на научных конференциях, по которым будут опубликованы статьи:

– Вторая научно-практическая конференция по актуальным вопросам поиска и спасения на море «Спасение-2018», г. Ломоносов, 2018 г. «Навигационное обеспечение водолазов при проведении подводных работ», Бобков С.А., Дегтярев А.А., Орлов А.Г., Якушев П.В.

– XXIII научно-техническая конференция. «Радиолокационные системы специального и гражданского назначения», г. Жуковский, 2018 г. «Метод визуализации сигналов, доплеровского гидроакустического лага», Бобков С.А., Михайлутин А.А., Орлов А.Г., Якушев П.В.

– XXI Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы защиты и безопасности», 2018 г. «Средства автономной подводной навигации водолазов», Бобков С.А., Дегтярев А.А., Орлов А.Г., Якушев П.В.

ФГУП «Российский научный центр «Прикладная химия»

Разработка инновационных технологий электрохимического фторирования и создание опытно-промышленных производств перфторированных продуктов

Авторы: Маталин В.А., Каурова Г.И., Лесневская Н.Б., Пеганова Н.В., Людикайнен А.А., Литвиненко Е.В.

Созданию опытно-промышленных производств предшествовало детальное изучение основных параметров электролиза, разработка непрерывного метода электрохимического фторирования (длительного и стабильного электролиза) и аппаратного оформления процесса, с обязательной разработкой технологий очистки и выделения целевых продуктов.

Отработаны технологии электрохимического фторирования с использованием различных электролитических добавок для фторирования неэлектропроводных или нерастворимых в безводном фтористом водороде веществ.

Подбор соответствующей конструкции электролизера, разработка непрерывной технологии получения целевых соединений и способов выделения продуктов, получающихся в электрохимическом синтезе, послужили научно-технологической основой создания универсальной технологии получения фторсоединений различных классов на одном и том же оборудовании.

Наряду с выделением целевого соединения решались задачи реализации способов выделения побочных продуктов, получающихся в данном процессе в заметных количествах и имеющих промышленное применение.

В результате исследований технологических параметров предложена новая эффективная технология электрохимического фторирования которая суще-

ственно отличается от классической технологии электрохимического фторирования.

Разработанная технология успешно использована в опытно-промышленном производстве перфторметоксипропионилфторида, перфторпропионилфторида, дифторангидрида перфторянтарной кислоты, простых и сложных перфторполиэфиров.

По этой технологии фторирования синтезированы новые перфторированные соединения (фосфораны и их производные) целевого строения с высоким содержанием основного вещества и выходом по току.

Синтезированные продукты используются в качестве ионных жидкостей в высокоэффективных химических источниках тока.

Другие продукты электрохимического фторирования: жидкости ДЭФ (перфтордибутиловый эфир), МД-3Ф (перфтортриэтиламин) и фожалин внедрены и используются в устройствах для авиации (бортовые радиостанции, радары на станциях ПВО, гироскопы высокой точности и др.). Продукт БАФ-85 внедрен в разгонный блок «Фрегат».

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации» (ФГБУ «Гидрометцентр России»)

Прошла испытания и внедрена в оперативную практику технология наукастинга интенсивности осадков

Это первая сертифицированная схема оперативного наукастинга осадков на основе данных отечественных метеорологических радиолокаторов ДМРЛ-С. Вычислительной основой технологии является статистическая схема, построенная на принципах мультипликативной каскадной турбулентной модели. Последовательности полей данных радиолокационного зондирования атмосферы рассматриваются как оптический поток. На сегодняшний день объектом прогноза являются обновляемые каждые 10 мин поля интенсивности осадков на сетке с шагом 2 км.

Результаты верификации показывают, что получаемые прогнозы интенсивности осадков информативны в теплый период года на сроках до полутора-двух часов, а в зимний период – в полтора-два раза дольше.

Интерактивные прогностические карты с результатами расчетов публикуются на сайте Гидрометцентра России (<https://meteoinfo.ru/nowcasting>).

Значимость работы определяется высокой востребованностью детализированных в пространстве и времени прогнозов такого ключевого метеорологического элемента как осадки. Эта информация особенно важна в ситуациях быстроразвивающихся конвективных опасных погодных явлений.

Проведены предварительные эксперименты с модифицированной схемой наукастинга с пространственным разрешением 1×1 км. В 2019 году в выходную продукцию технологии будут добавлены элементы вероятностного прогноза интенсивности осадков, рассчитываемого по прогностическим ансамблям той же схемы наукастинга. В ближайшие годы планируется построение схемы сверхкраткосрочного (до 12 часов) прогноза осадков на основе комбинации результатов схемы наукастинга и выходной продукции численных прогнозов погоды на базе гидродинамической мезомасштабной модели.

Публикации:

1. А.В. Муравьев, Д.Б. Киктёв, А.В. Смирнов. Оперативная технология наукастинга осадков на основе радарных данных и результаты верификации для теплого периода года (май–сентябрь 2017). Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018, №1 (367), стр.6–38.

2. Д.Б. Киктёв, А.В. Муравьев, А.В. Смирнов. Прогнозирование осадков с помощью модели мультипликативного каскада: опыт радарного наукастинга. Турбулентность, динамика атмосферы и климата. Международная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения академика А.М. Обухова, Москва, 16–18 мая 2018. Тезисы докладов, с. 27.

Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии имени И.П. Бардина

Ферритные стали

Автор: Зайцев А. И.

В настоящее время проблема создания нового поколения разных типов конструкционных сталей (прежде всего, автолистовых) с принципиально улучшенным комплексом трудно сочетаемых показателей прочности, пластичности, штампуемости, коррозионной стойкости, эксплуатационной надежности и других служебных свойств, при снижении затрат на производство, является одним из наиболее приоритетных направлений развития мировой науки, техники и технологии.

Наиболее перспективным направлением исследований и разработок в рамках сформулированной проблемы является создание новых сталей с однородной ферритной матрицей, упрочняемой за счет объемной системы наноразмерных фазовых выделений и измельчения зерна. Таким образом, основы создания таких материалов принципиально отличаются от существующих типов высокопрочных автолистовых сталей. В том числе, в отличие от высокопрочных прогрессивных автолистовых сталей, содержащих прочные, твердые структурные составляющие, такие стали имеют однородную мелкодисперсную ферритную структуру.

В отличие от низколегированных высокопрочных автолистовых сталей, в которых присутствует небольшое число карбидных выделений относительно

больших, в несколько десятков нанометров, размеров, формирующихся, в основном в аустените и/или феррите, в ферритных сталях карбидные выделения имеют существенно меньшие размеры и расположены рядами (слоями). Установлено, что такие выделения являются межфазными и образуются на движущейся границе раздела между аустенитом и ферритом во время фазового превращения стали.

На базе сформулированных принципов ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» созданы новых ферритные стали разных категорий прочности до 1200 МПа, одновременно сочетающие высокую прочность, пластичность, жесткость, долговечность, усталостную и коррозионную стойкость, свариваемость, штампуемость. Такие стали не менее чем в 1,5-2 раза превосходят характеристики всех существующих в мире типов и марок конструкционных (автолистовых) сталей.

**Государственный научный центр Российской Федерации –
федеральное государственное унитарное предприятие
«Исследовательский центр имени М.В.Келдыша»
(ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»)**

1. Лазерное зажигание топлив в ракетных двигателях

Авторы: Ребров С.Г., Голиков А.Н., Голубев В.А.

На сегодняшний день как в России, так и за рубежом ведутся работы по созданию системы лазерного зажигания для использования в автомобильной промышленности, авиации, а также космической технике. Применение лазерного зажигания для запуска ракетных двигателей, работающих на самовоспламеняющихся компонентах топлива, имеет ряд преимуществ перед традиционными способами. Так, температура плазмы, возникающей в результате инициации лазерного пробоя, достигает величин $5 \cdot 10^5$ К, что значительно выше, чем температура плазмы в высоковольтной искре. Лазерное зажигание позволяет выбирать зоны инициации горения в широких геометрических пределах без изменения конструкции камеры сгорания. Этот безэлектродный способ образования плазменного сгустка не ограничен по методу локализации и обеспечивает высокие импульсные мощности порядка 2МВт и выше, что гарантирует возникновение оптического пробоя. Также лазерное зажигание позволяет работать с расширенным, по сравнению с электроискровым способом, диапазоном давлений и концентраций топливной смеси, обеспечивая более высокие рабочие характеристики разрабатываемых ракетных двигателей. Современное развитие лазерной техники уже сейчас позволяет добиться снижения массогабаритных характеристик лазерных систем зажигания по сравнению с электроискровыми. Кроме этого, стоит отметить возможность многоразовых включений таких систем, что обуславливает их

преимущества по сравнению с химическим и пиротехническим способами. Всё вышеперечисленное определяет интерес к лазерному зажиганию как в России, так и за рубежом.

В настоящее время работы в области лазерного зажигания в ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» развиваются по следующим направлениям:

- лазерное зажигание запальных устройств различной конструкции;
- лазерное зажигание в двигателях малой тяги, работающих на различных топливных парах;
- лазерное зажигание модельных и натурных камер сгорания.

Большой прогресс достигнут в разработке и использовании миниатюрных мощных твердотельных лазеров, которые по своим массогабаритным характеристикам сравнимы с системами электроискрового воспламенения.

В 2018 году на испытательном комплексе АО КБХА г. Воронеж успешно проведен цикл огневых испытаний двигателя РД0146Д с прямым воспламенением компонентов жидкий кислород-водород с использованием лазерной системы зажигания (ЛСЗ), разработанной в ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша». Уникальность ЛСЗ заключается в её массогабаритных и энергетических параметрах. Так, вес лазера составляет 450 г, масса блока питания – 900 г. Лазер стыкуется непосредственно к камере сгорания, мощность лазерных импульсов достигает 20МВт при высокой частоте следования импульсов в течение всего процесса запуска двигателя.

В результате проведенного цикла работ применительно к двигателям малой тяги была продемонстрирована принципиальная возможность осуществления лазерного зажигания топлив кислород-водород, кислород-метан от источника лазерного излучения в виде полупроводникового лазера с волоконным выводом излучения. Это позволяет снизить требования по термостабилизации лазера, облегчает виброизоляцию системы зажигания при размещении на борту космического аппарата. При этом были исследованы параметры топливной смеси, при которых наблюдается надежное зажигание топливных пар кислород-водород, кислород-метан. Получены данные по влиянию выходных энергетических параметров полупроводникового лазера на надежность воспламенения топлива, определены диапазоны рабочих значений, обеспечивающих стабильное зажигание.

Таким образом, имеющийся научно-технический задел позволяет внедрять разработанную технологию на все разрабатываемые типы ЖРД на несамовоспламеняющихся топливах.

2. Результаты испытаний системы охлаждения космической ядерной энергодвигательной установки

Авторы: Коротеев А.А., Филатов Н.И., Григорьев А.Л., Сафронов А.А.

В 2018 году в ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» успешно проведены наземные испытания ключевого элемента космической ядерной энергодвигательной

установки (ЯЭДУ) мегаваттного класса – её системы охлаждения на базе капельного холодильника-излучателя.

Изготовлены и испытаны экспериментальные образцы генератора капель и элементов заборного устройства, выполнена программа экспериментальных исследований модели капельного холодильника-излучателя (КХИ). Испытания позволили определить основные закономерности работы элементов и узлов систем отвода тепла в условиях, максимально приближенных к космическому пространству.

Бескаркасные теплообменные устройства открытого типа, к которым относится капельный холодильник-излучатель, при мегаваттных уровнях тепловой мощности обладают по сравнению с традиционными панельными холодильниками-излучателями тремя важными преимуществами:

- минимальным термическим сопротивлением между рабочим телом (теплоносителем) и излучающей поверхностью;
- низкой удельной массой;
- высокой стойкостью к воздействию микрометеоритов.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России»

1. Комплексная криоконсервация кровеносных сосудов посмертных доноров для создания тканеспецифических матриц

Впервые доказана эффективность использования полидиметилсилоксана вязкостью 1-5Сст для криоконсервации и размораживания сосудистой ткани. Разработаны рабочие камеры для фиксации нескольких кровеносных сосудов для проведения их криоконсервации/размораживания и стерилизации. Разработаны протокол криоконсервации/размораживания кровеносных сосудов в поли-диметилсилоксане (ПДМС) с различными скоростями, в т.ч. сразу после их изъятия, и режим радиационной стерилизации, не влияющий на структурную целостность и обладающий возможностью повторной криоконсервации.

Значимость: Продемонстрирована возможность комплексной криоконсервации кровеносных сосудов посмертных доноров для создания тканеспецифических матриц.

Прогноз применения полученных результатов: После проведения доклинических и клинических исследований возможно применение в клинической практике.

По результатам работы получены 2 патента, опубликована статья в ведущем российском журнале Вестник трансплантологии и искусственных органов (Лаук-Дубицкий С.Е., Астрелина Т.А., Брумберг В. А., Кобзева И.В.,

Никитина В.А., Сучкова Ю.Б., Карасева Т.В., Бушманов А.Ю., Самойлов А.С. Комплексная мобильная криоконсервация сегментов кровеносных сосудов в полидиметилсилоксане. // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2018. – Том 20. №1. – С.86–95) и защищена кандидатская диссертация.

2. Разработка метода ранней диагностики и мониторинга глаукомы

Был выполнен анализ данных 750 человек, наблюдавшихся в отделении в течение 10 лет (с 2007 г.), которым рассчитывалась средняя скорость прогрессирования глаукомной оптиконейропатии (ГОН) и отбирались наиболее информативные показатели, имевшие максимально высокую диагностическую способность (AUC) в раннем выявлении заболевания.

Сущность разработки: На основе объединенных данных, полученных в ходе оптической когерентной томографии-ангиографии и паттерн электроретинографии, возможно выявление заболевания на доклинической стадии (при отсутствии дефектов в поле зрения), а также прогнозировать его быстрое прогрессирование с точностью, приближающейся к 100%.

Новизна: Данные результаты получены впервые и не имеют аналогов в научной литературе.

Значимость: обусловлена тем, что глаукома является главной причиной необратимой слепоты как в Российской Федерации, так и в мире по причине поздней выявляемости. Предложенный метод основан на использовании всего двух диагностических методов, являющихся наиболее перспективными как при глаукоме, так и в офтальмологии в целом: оптической когерентной томографии с функцией ангиографии и паттерн-электроретинографии.

Прогноз: поскольку оба метода в настоящее время быстро распространяются в мире, их применение в предлагаемом аспекте очень перспективно.

Результаты работы доложены на XIV Международном конгрессе «Глаукома: теории, тенденции, технологии. HRT Клуб» (Москва, 2013 г.); «XI Российский общенациональный офтальмологический форум» (Москва, 2018 г.); VIII Международном вебинаре «Глазной кровоток при глаукоме: мнение экспертов» (Москва, 2018 г.); Международной конференции «Восток – Запад» (Уфа, 2018 г.); Международных зарубежных конференциях ARVO (Гавайи, 2018), 13th EGS Congress (Флоренция, 2018), II Congress AISG (Милан, 2018), YI International Congress on OCT and OCT-angiography (Рим, 2018), Y International Congress “Images in Ophthalmology: from the science to the practice” (Париж, 2018).

Публикации:

ОКТ-ангиография и ее роль в исследовании ретинальной микроциркуляции при глаукоме (часть первая и часть вторая) Российский офтальмологический журнал 2018, Т.11, №3, с. 75–81. И РОЖ, 2018, Т.11, №2, с. 82–87.

A comparative study of structural, functional and circulatory parameters in glaucoma diagnostics PLoS ONE 13(8): e0201599.

Корнеальный гистерезис как предиктор прогрессирования глаукомной оптической нейропатии. Клиническая офтальмология М., 2018 – № 4 – С. 168–173.

Паттерн электроретинограмма и макулярная гемоперфузия при глаукоме. Вестник офтальмологии. 2018; 134(4): 34–40.

Акционерное общество «Опытное конструкторское бюро машиностроения имени И.И. Африкантова» (предприятие госкорпорации «Росатом»)

Расчетно-экспериментальные исследования пассивных систем аварийного теплоотвода для транспортабельной ядерной энергетической установки

Авторы: Бахметьев А.М., Большухин М.А., Хизбуллин А.М., Камнев М.А., Соколов А.Н., Тюриков О.В.

В рамках работ выполнен комплекс расчетно - экспериментальных исследований пассивных систем безопасности для транспортабельных ядерных энергетических установок, обеспечивающих безопасность в ситуациях с потерей всех источников электропитания. Обоснованы их проектные решения. Даны рекомендации для обеспечения условий оптимальной работы пассивных систем аварийного отвода тепла.

Предложены функциональные зависимости и физико-математические модели для описания процессов тепломассобмена по теплоотдаче при конденсации пара и охлаждении конденсата в наклонных змеевиковых трубах теплообменника системы аварийного расхолаживания; по теплоотдаче от парогазовой смеси на поверхности труб змеевикового теплообменника-конденсатора системы снижения аварийного давления в защитной оболочке; по истинному объёмному паросодержанию в вертикальных трубах, которые являются элементами пассивных систем теплоотвода при давлении, близком к атмосферному.

Выполненный комплекс расчетно-экспериментальных исследований позволил существенно расширить базу экспериментальных данных для верификации физико-математических моделей, описывающих процессы в реакторных установках. На основе указанных исследований разработаны инженерные решения, оптимизирующие массогабаритные характеристики пассивных систем аварийного теплоотвода и исключаяющие гидроударные явления и гидродинамическую неустойчивость, негативно влияющие на эксплуатационные характеристики систем.

Публикации:

Основные результаты расчетно-экспериментальных исследований пассивных систем аварийного теплоотвода. Атомная энергия. 2018, Т. 125, №3, с. 148–154.

Акционерное общество «Специализированный научно-исследовательский институт приборостроения» (учреждение госкорпорации «Росатом»)

Инвестиционный проект в форме НИР «Создание платформы программно-технических средств системы контроля и управления реакторной установкой для водо-водяного энергетического реактора (Этап 1)»

Сложность и скорость протекания ядерно-физических и тепло-гидравлических процессов в реакторной установке (РУ) водо-водяного энергетического реактора (ВВЭР), большое количество факторов, влияющих на ее безопасность, определяют динамику повышения требований к системам управления и безопасности. В этой связи совершенствование систем управления и безопасности ВВЭР является актуальной научно-технической задачей.

Цель работы:

- анализ требований к системам управления и безопасности энергетических реакторных установок с целью формирования гармонизированных требований, которым должна удовлетворять конкурентоспособная система контроля и управления реакторной установкой (СКУ РУ) энергоблоков АЭС с ВВЭР;
- разработка Технических Требований к СКУ РУ;
- разработка Технического задания на платформу программно-технических средств для построения СКУ РУ.

В ходе работы было выполнено следующее:

1. Впервые проведен комплексный анализ международных и отечественных нормативных требований к системам управления и безопасности РУ ВВЭР и сформирована иерархическая структура актуальных основополагающих международных нормативных документов и стандартов, определены взаимосвязи между ними, установлены степени соответствия требований по безопасности ядерных объектов, представленных в российских федеральных нормах и правилах, ГОСТах и руководящих документах требованиям международных нормативных документов и стандартов.

2. Впервые дано определение понятия: «Система контроля и управления реакторной установкой (СКУ РУ) ВВЭР» на основе анализа актуальных нормативных и проектных документов.

3. Впервые сформирована базовая архитектура и составляющие компоненты СКУ РУ ВВЭР.

Архитектура базовой СКУ РУ сформирована, исходя из концепции глубоко-эшелонированной защиты, с учетом принципов резервирования (избыточности), независимости и разнообразия, требований киберзащиты (кибербезопасности) как распределенная иерархическая структура, что отвечает актуальным международным основополагающим требованиям к управляющим системам, важным для безопасности ядерных реакторов.

4. Разработаны Технические требования к СКУ РУ ВВЭР.

5. Определены критерии оценки и выполнен сравнительный анализ референтных платформ программно-технических средств, применяемых для построения управляющих систем безопасности ВВЭР.

6. Разработаны Общие технические требования к платформе программно-технических средств для построения СКУ РУ.

7. С целью развития работ по данному направлению совместно с Главным конструктором ВВЭР – АО «ОКБ «Гидропресс» сформирован перечень научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на практическую реализацию СКУ РУ с высоким потенциалом развития и конкурентоспособности.

Опытное конструкторское бюро «ГИДРОПРЕСС» (предприятие госкорпорации «Росатом»)

1. Разработка гидравлической CFD модели модуля парогенератора БН 1200М

Авторы: В.Ю.Волков, Л.А. Голибродо, А.А. Крутиков, О.В. Кудрявцев, Ю.Н. Надинский, А.П. Скибин.

Прогресс в вычислительных технологиях и наличие в атомной отрасли трендов, направленных на улучшение качества обоснований проектных решений, сокращение сроков проектирования и увеличение экономических показателей энергоблока обуславливают все более широкое применение компьютерного моделирования на всех стадиях разработки проекта реакторной установки (РУ). В первую очередь это относится к моделированию процесса тепломассобмена и заключается в переходе к прецизионному трехмерному моделированию, широкому применению CFD-технологий (Computational Fluid Dynamics). В рамках данного подхода решаются уравнения движения и энергии в трехмерной постановке, что позволяет получить локальные пространственные расчетные распределения параметров теплоносителя в проточном тракте рассматриваемой установки.

Настоящая работа представляет собой разработку и верификацию CFD модели модуля парогенератора (ПГ) реакторной установки (РУ) с реактором БН-1200М, которая предназначена для полномасштабного моделирования гидродинамики во втором контуре теплообменного модуля ПГ. Разработанная модель является цифровым аналогом натриевого контура модуля парогенератора и является шагом в переходе к цифровому проектированию.

Данная модель будет использована для подтверждения проектных решений (определения коэффициента гидравлического сопротивления модуля ПГ, определения распределений расхода теплоносителя (натрия) по сечению трубного пучка, определения общей картины течения и гидравлических характеристик в рассматриваемом оборудовании), а также для оптимизации конструкции в части обеспечения более равномерного распределения расхода теплоносителя.

Новизна работы определяется необходимостью создания CFD модели в реальном масштабе и, как следствие, очень большой размерностью разработанной модели (1,4 млрд. ячеек). При этом модель полностью соответствует конструкторским 3D CAD моделям и чертежам, а также может быть легко модернизирована и адаптирована с учетом возможных изменений конструкции при ее оптимизации.

Экономический эффект заключается в использовании суперкомпьютерного моделирования в качестве поддержки конструктора, что позволяет оптимизировать конструкцию на этапе проектирования и приводит к существенному сокращению временных и финансовых затрат на разработку и обоснование облика конструкции РУ.

2. Расчетно-экспериментальные исследования конденсационных гидравлических ударов в трубопроводах реакторной установки

Авторы: Чуркин А.Н., Богданов А.С., Толмачев Д.Г., Посысаев Д.А., Баисов А.М., Прибатурин Н.А.

Реакторная установка включает в себя комплекс оборудования и трубопроводов, при проектировании которых необходимо исключить условия, при которых возможно появление гидравлических ударов, либо учитывать их воздействие.

Наиболее сложным для изучения и предсказания является конденсационный гидравлический удар (КГУ), возникающий в трубопроводах при смешении недогретой до температуры насыщения воды и пара.

Для восполнения недостающих экспериментальных данных по КГУ, необходимых для разработки и верификации расчетных кодов, в ОКБ «ГИДРОПРЕСС» по заказу АО «Концерн Росэнергоатом» была спроектирована и сооружена экспериментальная установка «Гидроудар». Исследование КГУ проводилось на 12 участках трубопроводов (моделей) различной геометрии. Насыщенный пар подавался в модели из сосудов с электрообогревом. Подача воды при проведении экспериментов осуществлялась либо из ёмкости с запасом воды под давлением азота, либо насосом.

На установке «Гидроудар» выполнены экспериментальные исследования, целью которых было определение параметров смешиваемых в трубопроводах сред, при которых возникает КГУ, а также определение динамики и амплитуды быстропеременного давления, возникающего при КГУ.

Совместно с Институтом теплофизики Сибирского отделения РАН, разработавшего математическую модель КГУ, проведена верификация расчетного модуля SLUGGING. Намечен план дальнейших работ по получению дополнительных необходимых данных и усовершенствования математических моделей.

Работа является актуальной в связи с проектированием новых реакторных установок ВВЭР, их лицензированием и сооружением за рубежом.

Публикации:

Расчетное исследование конденсационных гидравлических ударов в трубопроводах реакторной установки – Чуркин А.Н., Посысаев Д.А., Баисов А.М.,

**Акционерное общество «Всероссийский
научно-исследовательский институт
по эксплуатации атомных электростанций»
(учреждение госкорпорации «Росатом»)**

Комплексные технико-экономические исследования в обоснование системных требований к совершенствованию энергоблоков с реакторными установками БН и ВВЭР с учетом их работы в составе двухкомпонентной ядерной энергетической системы в замкнутом ядерном топливном цикле.

Проведен системный анализ и дан прогноз технологического развития в рамках проработки и реализации стратегии развития атомной энергетики до 2100 года.

В работе принимали участие представители АО «ВНИИАЭС», НИЦ «Курчатовский институт», АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», АО «Концерн Росэнергоатом». Отмечено, что ключевой задачей для ядерной энергетики России является удовлетворение внутреннего спроса на электроэнергию, определяющее устойчивое долгосрочное развитие энергетического сектора страны и основные сценарные условия для реакторных технологий.

Проблему развития ядерной энергетики на первую половину текущего столетия можно сформулировать как перевод атомной энергетики России в режим двухкомпонентной ядерной энергетической системы (ЯЭС) с тепловыми и быстрыми реакторами в замкнутом ядерно-топливном цикле. Использование АЭС с реакторами ВВЭР и БН позволяет оптимально использовать характеристики тепловых и быстрых реакторов для получения конкурентной стоимости вырабатываемой электроэнергии с минимизацией радиоактивных отходов. Решение этой проблемы займет не одно десятилетие. Вместе с тем, быстрые натриевые реакторы уже прошли все стадии разработки технологии и освоены в достаточной степени для удовлетворения предъявляемых международным сообществом требований устойчивого развития энергетики.

Рассмотрено несколько сценариев развития двухкомпонентной ядерной энергетической системы. Как отмечалось, эти сценарии позволяют обеспечить решение всех отложенных проблем уже к 2100 году.

При умеренном развитии ядерной энергетики (сценарий развития атомной генерации до ~ 80 ГВт к 2100 году) будет полностью утилизировано накопленное ОЯТ. По сценарию интенсивного развития ядерной энергетики (~170 ГВт) ликвидация запасов ОЯТ произойдет значительно раньше – уже к середине текущего столетия.

Дальнейший переход к переработке ОЯТ реакторов БН-1200М и использованию плутония в реакторах ВВЭР даст возможность развития двухкомпо-

нентной системы атомной энергетики с минимальным потреблением природного урана.

Сделан вывод, что развитие потенциала ядерного энергетического комплекса в России позволит:

- сохранить долю в 20% в производстве электроэнергии;
- обеспечить энергией удаленные и труднодоступные районы;
- развить сырьевую базу ядерной энергетики;
- создать новые продукты в области технологий реакторостроения и ЯТЦ;
- сохранить и развить соответствующие знания и компетенции;
- решить проблему обращения с ОЯТ и радиоактивными отходами, а также вывода из эксплуатации объектов ядерной энергетики;
- сохранить лидирующие позиции РФ на мировом рынке.

**Акционерное общество «Электрогорский
научно-исследовательский центр по безопасности
атомных электростанций»
(предприятие госкорпорации «Росатом»)**

Определение максимального давления при вскипании воды в жидком свинце

Разработана математическая модель взрывного вскипания капель воды в высокотемпературном расплавленном свинце. Выполнены вариантные расчеты в широком диапазоне параметров. Определены значения возникающих пиков давления.

Впервые рассмотрена задача о вскипании капли воды в свинце и определены параметры возникающих ударных волн.

Значимость – рассмотренная ситуация возникает при анализе аварийного режима с течью из парогенератора реактора БРЕСТ.

Полученный результат будет использоваться при анализе безопасности реактора БРЕСТ.

Публикации:

Yakush S.E., Iskhakov A.S., Melikhov V.I., Melikhov O.I. Pressure Waves due to Rapid Evaporation of Water Droplet in Liquid Lead Coolant - Science and Technology of Nuclear Installations, vol. 2018, Article ID 3087051 - 10 pages, 2018. doi:10.1155/2018/3087051.

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«НИИ НПО «Луч»
(предприятие госкорпорации «Росатом»)**

Жаростойкий жаропрочный материал и оболочка твэл из него

Авторы: Колесников Е.Г., Выбыванец В.А., Ястребков А.А.

Исследования зависимости жаростойкости и механических свойств тугоплавких металлов от их микроструктуры позволили разработать в 2018 году новый жаростойкий и жаропрочный конструкционный материал на основе молибдена, вольфрама и их жаропрочных сплавов с монокристаллической структурой требуемого совершенства и защитным жаростойким покрытием.

Изделия, выполненные из разработанного материала, обладают жаростойкостью в кислородосодержащей среде и лишены зернограничной хрупкости, свойственной молибдену, вольфраму и их сплавам с поликристаллической структурой при низких и высоких температурах. Изделия из предлагаемого материала способны выдерживать нагрузки в окислительной среде при высоких температурах с низкой скоростью ползучести и без разрушения по границам зёрен.

Новый конструкционный материал является перспективным для решения проблемы создания высокотемпературных оболочек твэл ядерных энергетических установок, способных работать при температурах до 1700–1800°C в окислительной атмосфере. В настоящее время разработана технология изготовления монокристаллических оболочек из жаропрочных сплавов молибдена и вольфрама с жаростойким силицидным покрытием.

Образцы подобных оболочек твэл прошли испытания в потоке высокоактивной воздушной плазмы и показали свою стойкость в потоке вплоть до температуры 1800°C.

Учитывая возможности предприятия по разработке технологии и организации малотоннажного производства длинномерных монокристаллических слитков и труб, представляется крайне перспективным использование полученных результатов для создания мелкосерийного производства высокотемпературных твэл (в пределе до 1800°C на оболочке), способных кратковременно работать в составе газоохлаждаемого реактора с воздушным теплоносителем. Заявка на изобретение регистрационный №2018140865 от 20.11.2018 г.

Акционерное общество «Композит» (предприятие госкорпорации «Роскосмос»)

Разработка технологии создания сложнопрофильных деталей методом 3D печати

Авторы: Тимофеев А.Н., Логачёва А.И., Логачев И.А., Степкин Е.П., Константинов В.В., Рябиков Ю.Л.

Разработка аддитивной технологии получения сложнопрофильных деталей ракетно-космической техники (РКТ) методом селективного лазерного спекания (СЛС) с применением отечественного сырья и оборудования проводилось совместно с ФГУП «НПО «Техномаш» и ПАО «Электромеханика».

Технологические особенности разработанного оборудования СЛС:

- увеличенные габариты зоны построения 450 × 450 × 600 мм;
- возможность вакуумирования камеры построения для работы с титановыми сплавами;

– возможность осуществления подогрева платформы построения до 400°С для уменьшения термических напряжений в «выращиваемом» изделии и подавления процесса трещинообразования.

Применение аддитивных технологий позволит:

– изготовление заготовки и изделия РКТ любой формы и степени сложности;

– применение металлических порошков из многокомпонентных отечественных сплавов на основе никеля и титана, что обеспечит повышение эксплуатационных характеристик деталей;

– снижение времени изготовления заготовок и образцов деталей в 1,2–1,5 раза;

– снижение расхода металла 1,5–2 раза, повышение коэффициента использования металла.

ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва» (предприятие госкорпорации «Роскосмос»)

Ускоренная схема сближения и стыковки с МКС

В 2018 году разработана и реализована двухвитковая схема сближения и стыковки с МКС на транспортном грузовом корабле «Прогресс-МС-09».

10 июля 2018 года впервые в мире грузовой корабль состыковался с МКС через 3 часа 29 минут после выведения. Реализация этой схемы стала возможной после создания нового ракетно-космического комплекса в составе РН «Союз-2 1а» с цифровой системой управления и модернизированного транспортно-грузового корабля «Прогресс-МС» с автономной спутниковой системой навигации на борту.

В реализованной схеме, являющейся продолжением работы по сокращению времени сближения КК «Союз», в рамках которой уже проведено 24 стыковки по 4-х витковой схеме, использовался принцип квазикомпланарного выведения, позволяющий расширить баллистические условия для проведения «быстрых» стыковок.

В перспективе планируется осуществлять по этой схеме доставку экипажей на МКС за 3 часа после старта. Ускоренные схемы существенно повышают комфорт для экипажа в условиях ограниченного объёма КК «Союз-МС». За счёт сокращения времени полёта и уменьшения числа динамических операций возможна экономия топлива до 25 кг и экономия ресурсов системы жизнеобеспечения по сравнению с обычной 50-ти часовой схемой сближения.

Применение: принципы, заложенные при разработке двухвитковой схемы, позволяют в перспективе перейти к более быстрой – одновитковой схеме с доставкой экипажа на околоземную станцию за 1,5 часа. «Быстрые» схемы сближения могут быть также использованы при проведении спасательных операций в космосе, когда фактор времени становится решающим, и при реализации сближения схем на окололунных орбитах.

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский
институт машиностроения»
(учреждение госкорпорации «Роскосмос»)**

Космический аппарат для увода космического мусора из области геостационарной орбиты бесконтактным способом

Авторы: Логинов С.С., Усовик И.В., Яковлев М.В. Обухов В.А., Попов Г.А., Петухов В.Г., Свотина В.В. Вилков Ю.В., Кирилов В.А., Попов В.В.

Разработаны: проектный облик космического аппарата (КА) для увода объектов космического мусора (КМ) из области геостационарной орбиты (ГСО) бесконтактным способом, проект ТЗ на аванпроект КА и проект ТЗ на систему инъекции ионного пучка.

Сущность проекта: КА, оборудованный системой инъекции ионного пучка (СИИП), который воздействует на объект КМ и сообщает ему импульс, достаточный для увода из защищаемой зоны ГСО в зону захоронения, в соответствии с требованиями Руководящих принципов Организации Объединенных Наций по предупреждению образования космического мусора (резолюция Генеральной Ассамблеи ООН: A/RES/62/217 от 10 января 2008 года).

Устойчивость КА в процессе транспортировки КМ обеспечивается электроракетными двигателями (КМ-60 или СПД 100), действие которых парирует импульс отдачи инжектора ионного пучка.

Основу конструкции КА составляет платформа «Экспресс-1000НМ» разработки ОАО ИСС, оснащенная СИИП и двумя двигателями КМ-60 или СПД-100. Служебная аппаратура платформы требует доработки для адаптации к условиям применения.

Разработан проект конструкции СИИП для двух режимов: номинальный – с энергией ионов 4,5 кэВ, и модельный с энергией ионов 2 кэВ. Расход ксенона 0,2 мг/с обеспечивает плотность тока ионов $\sim 2 \text{ мА} \cdot \text{см}^{-2}$ при импульсе $\sim 8 \text{ мН}$. При расходе 4 мг/с – плотность тока ионов $\sim 8,4 \text{ мА} \cdot \text{см}^{-2}$ при импульсе $\sim 20 \text{ мН}$. В лабораторных испытаниях достигнут минимум расходимости ионного пучка 2° . При управлении боковым движением КА и расходимости пучка 2° увод КМ из области ГСО в зону захоронения реализуется за 6–8 суток. Тепливный бюджет ксенонового бака платформы «Экспресс-1000НМ» является достаточным для выполнения двадцати циклов увода.

Проект разрабатывается впервые. Исследования по данной тематике проводятся в Японском агентстве аэрокосмических исследований и в Европейском космическом агентстве. Отличительными чертами проекта являются: работа в наиболее востребованной для практики области ГСО; применение специализированной СИИП с малым углом расходимости ионного пучка взамен ионного двигателя.

Практическая значимость: реализация проекта обеспечивает отработку технологий орбитального обслуживания и увода КМ в соответствии с требованиями

ми Международной организации по стандартизации, что паритетует вытеснение России с международного космического рынка.

Публикации:

Обухов В.А., Петухов В.Г., Покрышкин А.И., Попов Г.А. – «Способ бесконтактной транспортировки космических объектов», Патент №2603301 – 2014 г.

Логинов С.С., Усовик И.В., Яковлев М.В., Обухов В.А. и др. Бесконтактный увод объектов космического мусора из защищаемой области геостационарной орбиты – Журнал «Космонавтика и ракетостроение», 2017 – Выпуск №5 (98).

Акционерное общество «Уфимское научно-производственное предприятие «Молния» (предприятие госкорпорации «Ростех»)

Создание системы зажигания для семейства перспективных двигателей ПД-14 российского пассажирского самолёта МС-21

В ноябре 2018 года предприятием успешно завершён комплекс опытно-конструкторских работ по системе зажигания для семейства перспективных двигателей ПД-14 (разработки АО «ОДК-Авиадвигатель»), предназначенных к установке на ближне-среднемагистральные узкофюзеляжные пассажирские самолёты МС-21.

В состав системы входит многорежимный агрегат зажигания ПВФ-22-20-10МД со встроенным блоком контроля, высоковольтный провод зажигания ПЗВ-14Д1(2) кл.М с охлаждением и свеча поверхностного разряда СП-14МС с повышенными ресурсными характеристиками.

Впервые в отечественной практике применён многорежимный агрегат зажигания с изменяемыми параметрами для обеспечения оптимальных условий розжига топливовоздушной смеси (ТВС) в камере сгорания двигателя в зависимости от режима запуска двигателя. Для обеспечения температурного режима эксплуатации провода и свечи применено воздушное охлаждение. Для обеспечения повышенных ресурсных характеристик и возможности работы системы в «дежурном» режиме для поддержания горения ТВС в камере сгорания при неблагоприятных условиях полета (дождь, турбулентная атмосфера, водяной или снежный заряд) развиваемое напряжение агрегата увеличено до 25 кВ. Применённая встроенная система контроля с глубоким уровнем параметризации основных сигналов может использоваться для перевода системы зажигания на эксплуатацию по техническому состоянию.

Проведённые в тесном взаимодействии с ведущими предприятиями отрасли АО «ОДК-Авиадвигатель», ФГУП «ЦИАМ имени П. И. Баранова», ФГУП ГосНИИ ГА опытно-конструкторские работы по системе зажигания для двигателя ПД-14 позволили создать научно-технический задел в области авиационного приборостроения, который уже в ближайшем будущем станет базой для

совместных прорывных проектов по двигателям ПД-35 (для перспективного российско-китайского широкофюзеляжного дальне-магистрального самолета CR929), «изделие 156» и др.

Технические решения защищены патентами РФ №№ 2446531, 2460895, 2463523, 2463522, 2293391, 2310087, 2289030.

Разработанная система зажигания планируется к серийному производству, начиная с 2019 года.

АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» (учреждение госкорпорации «Ростех»)

1. Проектирование мотогондолы с естественным ламинарным обтеканием

В рамках работ по созданию мотогондолы (МГ) авиационного двигателя большой размерности АО «ОДК-Авиадвигатель» ведет разработку МГ с естественным ламинарным обтеканием, позволяющим снизить трение на поверхности МГ за счет затягивания ламинарно-турбулентного перехода (ЛТП) на носовой части МГ. Затягивание ЛТП реализуется за счет выбора специальной формы МГ и обеспечения высокого качества поверхности (гладкости) до места ЛТП. По предварительным оценкам ламинаризация МГ позволит снизить сопротивление трения МГ на 10–15 %.

В России МГ с естественной ламинаризацией разрабатывается впервые. Работы ведутся совместно с ведущими российскими институтами ЦАГИ и ИТПМ СО РАН.

Работы включают два основных направления: разработка методики проектирования МГ, включая ее экспериментальное подтверждение, и изготовление МГ.

В 2018 году в обеспечение разработки и экспериментального подтверждения методики проектирования МГ, а также ее изготовления выполнен значительный объем работ:

- разработан проект методики с использованием метода эффективной глобальной оптимизации (EGO) и расчета ЛТП с помощью γ -модели турбулентности Ментера, на базе которого спроектированы предварительные обводы МГ с естественной ламинаризацией для двигателя большой размерности;

- разработано техническое задание и требования на изготовление и испытания моделей МГ в аэродинамических трубах ЦАГИ с целью калибровки разработанного ИТПМ СО РАН расчетного кода определения ЛТП с помощью $\text{exp}(N)$ -метода. Выполнена часть работ по подготовке к испытаниям моделей МГ. Окончательное изготовление и испытания моделей МГ запланированы на 2019–2020 годы;

- разработан план создания технологии изготовления ламинарной входной кромки МГ.

2. Проектирование малоэмиссионных камер сгорания для промышленных газотурбинных двигателей

В рамках работ по созданию малоэмиссионных камер сгорания (МЭКС) для промышленных газотурбинных двигателей (ГТД) АО «ОДК-Авиадвигатель» выполняет комплекс НИОКР с целью обеспечения уровня эмиссии оксидов азота менее 50 мг/нм^3 за счет технологии сжигания обедненной предварительно подготовленной топливовоздушной смеси (ТВС). Разработка МЭКС сопряжена с большим количеством сложностей, связанных с необходимостью обеспечивать эмиссию вредных веществ в широком диапазоне условий эксплуатации ГТД при одновременном обеспечении стабильной работы камеры сгорания и ее ресурса.

В России на данный момент отсутствуют отечественные серийно изготавливаемые малоэмиссионные камеры сгорания, обеспечивающие низкий уровень эмиссии вредных веществ. Создание малоэмиссионных камер сгорания для промышленных ГТД обеспечивает сохранение и расширение рынков сбыта отечественных ГТД.

Работы ведутся совместно с ведущими российскими отраслевыми научными организациями – ФГУП «ЦИАМ» и ОАО «ВТИ». Работы включают два основных направления:

- разработка одномодульной камеры сгорания со стабилизацией пламени за плохобтекаемым телом (ФГУП «ЦИАМ»);
- разработка одномодульной камеры сгорания со стабилизацией пламени за счет закрутки потока во фронтальном устройстве (ОАО «ВТИ»).

В 2018 году в обеспечение разработки МЭКС выполнен значительный объем работ:

- выполнена расчетно-экспериментальная доводка одномодульной МЭКС со стабилизацией за плохобтекаемым телом, выпущена конструкторская документация, выполнен цикл испытаний опытного газогенератора промышленного двигателя для газотурбинной установки мощностью 16 МВт, подтверждены основные характеристики МЭКС в составе опытного газогенератора;
- выполнено расчетно-конструкторское обоснование облика МЭКС со стабилизацией пламени за счет закрутки потока, выпущен комплект конструкторской документации, сформирована предварительная программа испытаний МЭКС на автономных стендах.

3. Разработка и экспериментальные исследования магнитного ВТСП-подвеса (высокотемпературного сверхпроводникового подвеса)

Проведены экспериментальные исследования биения вала макета магнитной ВТСП-опоры газотурбинного двигателя ПМН-1: биение вала на рабочем режиме (выше 4000 об/мин) радиальное составило не более 0,1 мм; при прохождении резонансных оборотов оно выросло до 0,5 мм.

Проведены экспериментальные исследования статической жёсткости макета ПМН-1 на переохлаждённом азоте до температуры $T = -203^\circ\text{C}$.

Отработана система получения и перекачивания переохлаждённого азота (до $T = -209^{\circ}\text{C}$) в магнитную ВТСП-опору на базе криокулера AL-125.

Рассмотрены и экспериментально опробованы узлы криогенного обеспечения переохлаждённым азотом в режиме расходной и циркуляционной систем.

Разработан и изготовлен транспортабельный демонстрационный макет магнитной системы ПМН-1ГД с возможностью штатного функционирования. При показе макет экспонировался на выставке в Фонде перспективных исследований (ФПИ).

Изготовлена, смонтирована и прошла технологические испытания установка для отработки магнитной ВТСП-опоры газотурбинного двигателя.

4. Расчет частот и форм собственных колебаний лопаток ГТД. Отстройка лопаток от резонанса на рабочем режиме

В результате проведенных исследований разработана методика, регламентирующая порядок расчетного определения форм и частот собственных колебаний лопаток ГТД методом конечных элементов с помощью пакета программ ANSYS. Описывает порядок отстройки на этапе проектирования основных форм колебаний лопатки от резонансов на максимальном режиме.

Выполненные расчетно-экспериментальные исследования позволили обосновать метод и предложить способ расчета вибрационных характеристик лопаток ГТД сложной геометрической формы путем построения в системе UG по номинальным чертежным размерам виртуальной 3D математической модели. Используя рекомендуемый линейный твердотельный КЭ SOLID185, создается КЭ модель с плотностью сетки не менее $\Pi = 0,1\%$, выполняется модальный анализ в программном комплексе ANSYS, строится диаграмма Кэмпбелла, выполняется отстройка лопатки от резонанса на рабочем режиме, путем оптимизации ее геометрических размеров.

Отсутствие резонанса на максимальном режиме обеспечивает бездефектную надежную работу в течение всего ресурса ГТД.

Результаты НИР могут быть направлены на совершенствование процесса проектирования ГТД, повышение надежности ГТД, увеличение ресурса ГТД.

Свидетельство FIP о регистрации объектов интеллектуальной собственности, тип: произведение науки, №18–635 «Методика расчета частот и форм собственных колебаний лопаток ГТД. Отстройка лопаток от резонанса на рабочем режиме» Михайлов А.Л., Подопригора Н.В. от 4 июня 2018 года.

5. Расчет температуры газа перед турбиной при стендовых испытаниях ГТД

При стендовых испытаниях газотурбинного двигателя всегда необходимо знать один из основных его параметров – температуру газа перед турбиной. Очень часто этот параметр не представляется возможности замерить, так как, во-первых он представляет собой большую величину, и средства замера этой величины отсутствуют, во-вторых, установить замер в этом месте двигателя сложно конструктивно.

Поэтому практически всегда температуру газа перед турбиной определяют расчетным путем. Существует достаточно большое количество формул, по которым можно провести такой расчет. Однако все эти формулы дают достаточно приближенные значения температуры газа перед турбиной.

В результате проведенной работы разработана эмпирическая формула расчета. Она была предварительно протестирована с помощью программного комплекса ОГРА (Общий Газодинамический Расчет) для нескольких существующих типов газотурбинных двигателей, результаты которого показали очень хорошую сходимость полученных значений температуры газа перед турбиной.

Свидетельство FIP о регистрации объектов интеллектуальной собственности, тип: произведение науки, №18–657 «Расчет температуры газа перед турбиной при стендовых испытаниях ГТД. Методика» – Латышев А.В., Григорьев С.А., Михайлова Л.В. от 17.10.2018.

Акционерное общество «Уфимское агрегатное производственное объединение» (предприятие госкорпорации «Ростех»)

1. Система генерирования повышенной мощности – до 250 кВА, которая разрабатывается на основе принципиально новой структуры канала генерирования

Основные преимущества новой системы – увеличение номинальной мощности в 2..3 раза по сравнению с существующими системами, повышение надежности, снижение стоимости.

В рамках данной работы проведены теоретические работы по созданию и исследованию физико-математических процессов, протекающих в исследуемых системах, разработаны и изготовлены экспериментальные образцы агрегатов системы генерирования – высокооборотного синхронного генератора и блока регулирования и защиты.

Разрабатываемая в АО «УАПО» новая система генерирования позволяет существенно увеличить энерговооруженность летательного аппарата и может применяться на новейших самолетах в рамках концепции «более электрического самолета», в том числе на перспективном широкофюзеляжном дальнемагистральном самолете. Необходимо отметить, что система генерирования переменного тока переменной частоты повышенной мощности по основным характеристикам не уступает аналогичным системам, применяемым в зарубежных летательных аппаратах типа Боинг-787, А-380, А-350 и аналогов в Российской Федерации не имеет.

Основные характеристики:

- номинальная мощность – 120...250 кВА;
- максимальная мощность – до 400 кВА;
- диапазон частот вращения – 10800...24000 об/мин;
- масса системы – 65...90 кг (в зависимости от номинальной мощности).

2. Система электроснабжения постоянного тока для перспективных вертолетов и тяжёлых беспилотных летательных аппаратов на основе бесконтактного генератора с комбинированным возбуждением

В рамках создания этой системы, не имеющей аналогов в мире, разработан, изготовлен и исследован бесконтактный стартер – генератор мощностью 9 кВт с частотой вращения 6 500...13 000 об/мин, который обладает ресурсными характеристиками, в 2 раза превышающими аналогичный показатель существующих стартер-генераторов как отечественного, так и зарубежного производства.

Разработка новой системы генерирования, основанной на бесконтактном стартер-генераторе комбинированного возбуждения, позволяет увеличить мощность канала приблизительно в 3 раза при номинальной частоте вращения 12 000 об/мин. Коллекторные машины постоянного тока при такой же частоте вращения развивают мощность до 12 кВт.

В настоящее время ведутся работы по созданию новых силовых электронных блоков для преобразования электроэнергии, создаваемой бесконтактным генератором комбинированного возбуждения. При этом необходимо отметить, что эти агрегаты создаются на основе современных электронных компонентах с применением методов теории оптимального проектирования. Такие подходы при разработке новых электронных блоков являются практически безальтернативными, так как они должны коммутировать значительные токи – до 500 А в генераторном режиме и до 1000 А в стартерном режиме работы системы генерирования при минимально возможных массогабаритных показателях.

Разрабатываемая система генерирования предназначена для применения в первую очередь на вертолетах типа Ка-62.

Акционерное общество «Научно-производственное объединение «СПЛАВ» (предприятие госкорпорации «Ростех»)

Перфузионный комплекс экстренного восстановления кровообращения

Перфузионный комплекс экстренного восстановления кровообращения (далее – ПК ЭВК) относится к области медицинской техники для экстренного восстановления кровообращения и экстракорпоральной мембранной оксигенации и представляет собой устройство со средствами бесконтактной гидродинамической сенсорики, предназначенное для полного или частичного замещения кровообращения пациента при острой сердечной недостаточности, а также насыщения крови кислородом (оксигенации) при тяжёлой острой дыхательной недостаточности.

Новизна разработанного устройства заключается в поддержании заданного уровня расхода перфузата в контуре в автоматическом режиме за счет применения специализированного алгоритма функционирования, замкнутого на неинвазивный датчик измерения расхода перфузата, что позволяет повысить безопасность и эффективность применения устройства в медицинской практике, а

также в разработке одноразовых комплектующих, входящих в состав ПК ЭВК, таких как одноразовый насос крови и оксигенатор.

Применение разработанного устройства для проведения ЭКМО является не только многообещающим, но и единственной возможностью улучшить выживаемость и неврологический исход у пациентов с рефрактерной остановкой сердечной деятельности. А в случае констатации смерти пациента после проведения стандартных мероприятий СЛР технология ЭКМО может быть эффективно использована для сохранения органов с целью их последующей трансплантации.

Публикации:

Применение экстракорпоральной мембранной оксигенации в практике сердечно-легочной реанимации: обзор и перспективы технологии – О. Н. Резник, А. Е. Скворцов, В. М. Теплов, С. С. Комедев, А. В. Лопота, Н. А. Грязнов, В. В. Харламов, С. Ф. Багненко – Вестник хирургии имени И.И.Грекова.: Изд-во Общество с ограниченной ответственностью Эскулап, 2018. Т.177, №4

Экстренный пациент с невосстановленным сердечным ритмом как комплексная проблема догоспитального и госпитального этапов скорой медицинской помощи – В.М. Теплов, С.С. Комедев, А.Е. Скворцов, О.Н. Резник, С.Ф. Багненко – Скорая медицинская помощь.: Изд-во Общероссийская общественная организация «Российское общество скорой медицинской помощи», 2018. Т. 19, №4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в Докладе обзор состояния фундаментальной науки в Российской Федерации и важнейшие научные достижения российских ученых, полученные в 2018 году, свидетельствуют о том, что отечественная фундаментальная наука продолжает сохранять широкий фронт исследований и отчетливые представления о путях дальнейшего развития в общей перспективе мировой науки.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ОМН РАН	Отделение математических наук РАН
ОФН РАН	Отделение физических наук РАН
ОНИТ РАН	Отделение нанотехнологий и информационных технологий РАН
ОЭММПУ РАН	Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН
ОХНМ РАН	Отделение химии и наук о материалах РАН
ОБН РАН	Отделение биологических наук РАН
ОФизиолН РАН	Отделение физиологических наук РАН
ОНЗ РАН	Отделение наук о Земле РАН
ООН РАН	Отделение общественных наук РАН
ОГПИМО РАН	Отделение глобальных проблем и международных отношений РАН
ОИФН РАН	Отделение историко-филологических наук РАН
ОМедН РАН	Отделение медицинских наук РАН
ОСН РАН	Отделение сельскохозяйственных наук РАН
ДВО РАН	Дальневосточное отделение РАН
СО РАН	Сибирское отделение РАН
УрО РАН	Уральское отделение РАН
ВНЦ РАН и РСО-А	Владикавказский научный центр РАН и Правительства Республики Северная Осетия – Алания
ДНЦ РАН	Дагестанский научный центр РАН
КБНЦ РАН	Кабардино-Балкарский научный центр РАН
КазНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»
КарНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук»

КНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук»
ННЦ РАН	Нижегородский научный центр РАН
НЦЧ РАН	Научный центр РАН в Черногловке
СамНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Самарский научный центр Российской академии наук
СПбНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук
СНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Саратовский научный центр Российской академии наук
ТНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение Троицкий научный центр Российской академии наук
УНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук
ЮНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук»
ААНИИ	Государственный научный центр Российской Федерации Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт
АО «ВНИИАЭС»	Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций»
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»	Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»
АО «НПО «Орион»	Государственный научный центр Российской Федерации АО «Научно-производственное объединение «Орион»
АО «НПО «СПЛАВ»	Акционерное общество «Научно-производственное объединение «СПЛАВ»
АО КБХА	Акционерное общество «Конструкторское бюро химавтоматики»
АО «УАПО»	Акционерное общество «Уфимское агрегатное производственное объединение»
АРАН	Архив РАН

БИН РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук
ВИАМ	Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов»
ВИЗР	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»
ВНИВИП-филиал ФНЦ ВНИТИПРАН	«Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства» – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук
ВНИИ агрохимии	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»
ВНИИ сои	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»
ВНИИБЗР	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»
ВНИИРАЭ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»
ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидро-техники и мелиорации имени А.Н. Костякова»
ВНИИГРЖ	Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, ФГБНУ
ВНИИЗ	Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
ВНИИК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН	Всероссийский научно-исследовательский институт крахмало-продуктов – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
ВНИИМЗ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель»

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН	Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
ВНИИОкеангеология	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана имени академика И.С. Грамберга»
ВНИИПБТ – филиал ФГБНУ «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи»	Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи
ВНИИПД – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН	Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
ВНИИСБ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии»
ВНИИСХМ	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии»
ВНИИЭиН	Всероссийский научно-исследовательский институт экономики и нормативов – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
ВНИИВВиВ Магarach» РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магarach» РАН»
ВСЕГЕИ	Федеральное государственное бюджетное учреждение Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского
ВСТИСП	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства»
ВЦ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Вычислительный центр Дальневосточного отделения Российской академии наук
ГАИШ	Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга

ГБУЗ МКНЦ мени А.С. Логинова ДЗМ	Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы Московский Клинический Научно-практический Центр имени А.С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы
ГГМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского Российской академии наук
ГГО	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова»
ГЕОХИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук
ГИ КНЦ РАН	Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук
ГИН РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Российской академии наук
ГИН СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Сибирского отделения Российской академии наук
ГоИ КНЦ РАН	Горный институт – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»
ГНЦ РФ – ФМБЦ им. А.И. Бурназяна	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России»
ГПНТБ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук
ГЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геофизический центр Российской академии наук
ДВГИ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук
ДВФУ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»
ИА РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт археологии Российской академии наук

ИАП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации проектирования Российской академии наук
ИАПУ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук
ИАфр РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Африки Российской академии наук
ИАиЭ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук
ИАЭТ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт археологии и этнографии Сибирского отделения Российской академии наук
ИБ КарНЦ РАН	Институт биологии Карельского научного центра РАН
ИБГ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии гена Российской академии наук
ИБМХ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича»
ИБР РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН
ИБРАЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук
ИБХ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук
ИБХФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук
ИБВ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт востоковедения Российской академии наук
ИВИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт всеобщей истории Российской академии наук
ИВиС ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук

ИВМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук
ИВМиМГ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук
ИВНД и НФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук
ИВП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Российской академии наук
ИВПС КарНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук
ИВТ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук
ИВТЭ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук
ИВФ РАО	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Институт возрастной физиологии Российской академии образования
ИГ Коми НЦ УрО РАН	Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук
ИГ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии Российской академии наук
ИГ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук
ИГ УФИЦ РАН	Институт геологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук
ИГАБМ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук
ИГТ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук

ИГГД РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохронологии докембрия Российской академии наук
ИГД ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук
ИГЕМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук
ИГИ КБНЦ РАН	Институт гуманитарных исследований – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»
ИГИиПМНС СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера Сибирского отделения Российской академии наук
ИГМ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук
ИГП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт государства и права Российской академии наук
ИГУ	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет»
ИГЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук
ИДВ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Дальнего Востока Российской академии наук
ИДГ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер Российской академии наук
ИЕ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Европы Российской академии наук
ИЗК СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук
ИЗМИРАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук

ИИ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт истории Сибирского отделения Российской академии наук
ИИАЭ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока Дальневосточного отделения Российской академии наук
ИИиА УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт истории и археологии Уральского отделения Российской академии наук
ИИМК РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт истории материальной культуры Российской академии наук
ИИФ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук
ИИЯЛ УФИЦ РАН	Ордена Знак Почета Институт истории, языка и литературы – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук
ИКВС УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения Российской академии наук
ИКЗ ТюмНЦ СО РАН	Институт криосферы Земли Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН
ИКИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук
ИКП РАО	Институт коррекционной педагогики РАО, ФГБНУ
ИКТИ РАН	Федеральное государственное автономное учреждение науки Институт конструкторско-технологической информатики Российской академии наук
ИЛА РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Латинской Америки Российской академии наук
ИЛИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт лингвистических исследований Российской академии наук
ИЛФ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук

ИМ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук
ИМАШ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук
ИМБ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта Российской академии наук
ИМБП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук
ИМБТ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт монголоведения, буддологии и тибетологии Сибирского отделения Российской академии наук
ИМГиГ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук
ИМЕТ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук
ИМЗ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук
ИМЛИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мировой литературы им. А.М. Горького Российской академии наук
ИММ КазНЦ РАН	Институт механики и машиностроения – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»
ИМЧ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мозга человека им. Н.П. Бехтерева Российской академии наук
ИМЭМО РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений имени Е.М. Примакова Российской академии наук»
ИНГГ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук

ИНМЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нанотехнологий микроэлектроники Российской академии наук
ИНОЗ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт озероведения Российской академии наук
ИНП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук
Институт археологии Крыма РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт археологии Крыма РАН»
Институт геофизики рО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича Уральского отделения Российской академии наук
Институт истем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук
Институт солнечно-земной физи- ки СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук
Институт философии РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт философии Российской академии наук
ИНЭИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт энергетических исследований Российской академии наук
ИНЭОС	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук
ИО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук
ИОА СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук
ИОНХ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук
ИОФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук

ИОФХ ФИЦ КазНЦ РАН	Институт органической и физической химии имени А. Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»
ИОХ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук
ИП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт психологии Российской академии наук
ИПА РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной астрономии Российской академии наук
ИПКОН РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук
ИПЛИТ РАН	Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН - филиал Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук»
ИПМ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной математики Дальневосточного отделения Российской академии наук
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН	Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук»
ИПМех РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук
ИПНГ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук
ИППИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук
ИППМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук
ИППУ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем переработки углеводородов Сибирского отделения Российской академии наук
ИПР РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем рынка Российской академии наук

ИПРИМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной механики Российской академии наук
ИПРЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем региональной экономики Российской академии наук
ИПТМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов Российской академии наук
ИПУ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук
ИПФ РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»
ИПХФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химической физики Российской академии наук
ИПЭЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук
ИРИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт российской истории Российской академии наук
ИРЛИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт русской литературы (Пушкинский Дом) Российской академии наук
ИРЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук
ИРЯ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт русского языка им. В.В. Виноградова Российской академии наук
ИСАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук
ИСВЧПЭ РАН	Федеральное государственное автономное научное учреждение Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники имени В.Г. Мокерова Российской академии наук
ИСК РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Соединенных Штатов Америки и Канады Российской академии наук
ИСл РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт славяноведения Российской академии наук

ИСМАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук
ИСОИ РАН	Институт систем обработки изображений РАН – филиал федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» РАН
ИСП РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт системного программирования им. В.П. Иванникова Российской академии наук
ИСПМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук
ИСЭ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук
ИСЭИ ДНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт социально-экономических исследований Дагестанского научного центра Российской академии наук
ИСЭПН РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт социально-экономических проблем народонаселения Российской академии наук
ИТ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук
ИТПЗ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук
ИТПМ СО РАН	Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения РАН
ИТПЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук
ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук
ИТЭФ	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт теоретической и экспериментальной физики имени А.И.Алиханова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
ИФ Коми НЦ УрО РАН	Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. (Создан: 18 Августа 2014 г.)

ИФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук
ИФА РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук
ИФАВ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологически активных веществ Российской академии наук
ИФЗ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук
ИФЛ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт филологии Сибирского отделения Российской академии наук
ИФМ РАН	Институт физики микроструктур РАН – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»
ИФМК УНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики молекул и кристаллов Уфимского научного центра Российской академии наук
ИФМ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук
ИФП СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук
ИФПБ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт фундаментальных проблем биологии Российской академии наук
ИФПМ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук
ИФР РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук
ИФТТ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела Российской академии наук
ИФХЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук

ИХ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук
ИХВВ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Рос- сийской академии наук
ИХТЭМС КНЦ РАН	Институт химии и технологии редких элементов и минераль- ного сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН
ИХФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук
ИЦиГ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук»
ИЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Российской академии наук
ИЭ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Уральского отделения Российской акаде- мии наук
ИЭА РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Дружбы народов Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая Российской академии наук
ИЭИ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономических исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук
ИЭМ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского Российской академии наук
ИЭОПП СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики и организации промышленного произ- водства Сибирского отделения Российской академии наук
ИЭРиЖ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологии растений и животных Уральского Отде- ления Российской академии наук
ИЭФ УрО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук
ИЭФБ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова Российской академии наук

ИЯз РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт языкознания Российской академии наук
ИЯИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук
ИЯЛИ ДНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт языка, литературы и искусства им. Г. Цадасы Дагестанского научного центра Российской академии наук
ИЯЛИ КарНЦ РАН	Институт языка, литературы и истории КарНЦ РАН – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»
ИЯФ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук
Калмыцкий НЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Калмыцкий научный центр Российской академии наук»
КНИТУ-КАИ	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН	Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»
КТИ НП СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Конструкторско-технологический институт научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук
КФУ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
МАЭ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) Российской академии наук
МГИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Морской гидрофизический институт РАН»
МГУ (МГУ им. М.В. Ломоносова)	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

МГУ им. Н.П. Огарёва	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
МИАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Математический институт им. В.А. Стеклова Российской академии наук
ММБИ КНЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук
МНИОИ им. П.А. Герцена	Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России
МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России	Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации
МФТИ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)»
МЧС России	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
НГУ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
НИИ фармакологии	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт фармакологии имени В.В. Закусова»
НИИВС им. И.И. Мечникова	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова»
НИИНА	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт по изысканию новых антибиотиков имени Г.Ф. Гаузе»
НИИПЗК	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства имени В.А. Афанасьева
НИИР им. В.А. Насоновой	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт ревматологии имени В.А. Насоновой»

НИИЯФ МГУ	Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова
НИТУ МИСиС	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
НИУ ВШЭ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
НИЦ «Кристаллография и фотоника»	Федеральное государственное учреждение «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук»
НИЦ «Курчатовский институт»	Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
НИЯУ МИФИ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ННЦМБ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Национальный научный центр морской биологии» Дальневосточного отделения Российской академии наук
НПП ГА «Луч»	Общество с ограниченной ответственностью Научно производственное предприятие геофизической аппаратуры «Луч»
НТЦ микроэлектроники РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-технологический центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур Российской академии наук
НЦ НВМТ РАН	Научный центр нелинейной волновой механики и технологии РАН
НЦВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научный центр волоконной оптики Российской академии наук
НЦЗ им. П.П. Лукьяненко	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»

ОИВТ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук
ОИЯИ	Объединенный институт ядерных исследований
ОЛДП	Общество любителей древней письменности
ОНПП «Технология» им. А.Г.Ромашина	АО «Обнинское научно-производственное предприятие «Тех- нология» им. А.Г. Ромашина»
Первомайская ОСС	Федеральное государственное бюджетное научное учрежде- ние «Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свеклы»
ПГИ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Полярный геофизический институт»
ПИН РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка Российской академии наук
ПОМИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургское отделение Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук
Психологический институт РАО	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Психологический институт Российской академии образова- ния»
РААСН	Российская академия архитектуры и строительных наук
РАХ	Российская академия художеств
РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»
Роспотребнадзор	Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потреби- телей и благополучия человека
РФЯЦ – ВНИИТФ	Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики име- ни академика Е.И. Забабахина
РФЯЦ – ВНИИЭФ	Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики
САО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук

СибИМЭ СФНЦА РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства»
СВКНИИ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук
СколТех	Сколковский институт науки и технологий
СКФУ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»
СНИЦ РАН	Сочинский научно-исследовательский центр Российской академии наук
СОИГСИ ВНИЦ РАН	Северо-Осетинский институт гуманитарных и социальных исследований им. В.И. Абаева – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра Владикавказский научный центр РАН
СПбАУ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет Российской академии наук»
СПбГУ	Санкт-Петербургский государственный университет
СПБИИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский институт истории Российской академии наук
СФНЦА РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
СФУ	Сибирский федеральный университет
ТОИ ДВО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук
ТПУ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
ТюмНЦ СО РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук
Университет ИТМО	Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

ФБУН ЦНИИЭ	Федеральное бюджетное учреждение науки «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии»
ФГАНУ НИИХП	Федеральное государственное автономное научное учреждение «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности»
ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет)
ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России	Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ФГБНУ ДальНИИМЭСХ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства»
ФГБНУ «НИИГБ»	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
ФГБНУ НЦН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научный центр неврологии»
ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
ФГБУ «ГНЦ Институт иммунологии» ФМБА России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр «Институт иммунологии» Федерального медико-биологического агентства
ФГБУ «РНЦРР» Минздрава России	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр рентгенорадиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН	Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»	Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии имени И.П. Бардина»
ФИАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

ФИЦ Биотехнологии РАН	Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук»
ФИЦ ВИР	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»
ФИЦ ЕГС РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук»
ФИЦ ИУ РАН	Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук»
ФИЦ «Немчиновка»	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»
ФИЦВиМ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии»
ФНАЦ ВИМ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
ФНИСЦ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный научно-исследовательский социологический центр Российской академии наук
ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»
ФНЦ ВНИИМК	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта»
ФНЦ ВНИИЭСХ	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства»
ФНЦ ВНИТИП РАН	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук
ФНЦ овощеводства	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства»
ФНЦА Дальнего Востока им. А.К. Чайки	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»

ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук
ФТИАН РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технологический институт Российской академии наук
ЦАГИ	ФГУП Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского
ЦЕРН (CERN)	Европейская организация по ядерным исследованиям, круп- нейшая в мире лаборатория физики высоких энергий.
ЦНМ КНЦ РАН	Обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовате- льского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»
ЦТП ФХФ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр теоретических проблем физико-химической фармаколо- гии Российской академии наук
ЦЭМИ РАН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный экономико-математический институт Россий- ской академии наук

РИСУНКИ И ИЛЛЮСТРАЦИИ

Математические науки

$$H^*(X, \Omega_X^*) \Rightarrow H_{DR}^*(X) \quad HH_*(A)((u)) \Rightarrow HP_*(A), \deg u = 2.$$

Классическая и некоммутативная спектральные последовательности Ходжа–де Рама. Они вырождаются, если X – гладкое компактное многообразие, и если A – гладкая компактная дифференциально-градуированная алгебра над полем характеристики ноль.

Рис. 1. Некоммутативная теория Ходжа



Рис. 2. «Пальцевые» структуры неустойчивости Рэлея-Тейлора, связанной с наличием контактного разрыва, видимые по контурам Крабовидной туманности (остатка сверхновой SN 1054)

Функциональная структура головы человека в полосе частот 1-100 Гц, показанная совместно с магнитно-резонансной томограммой

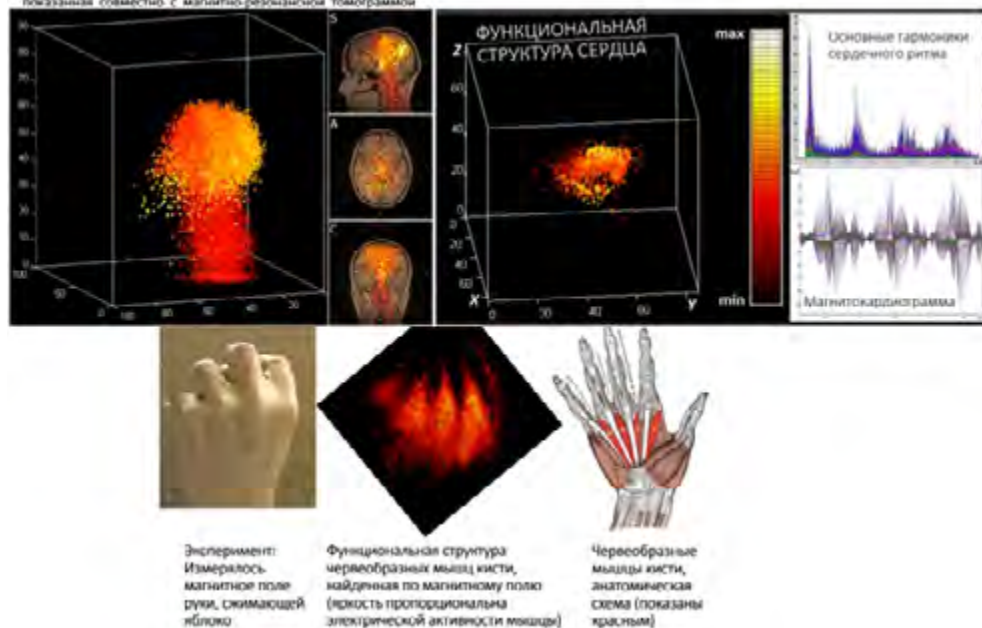
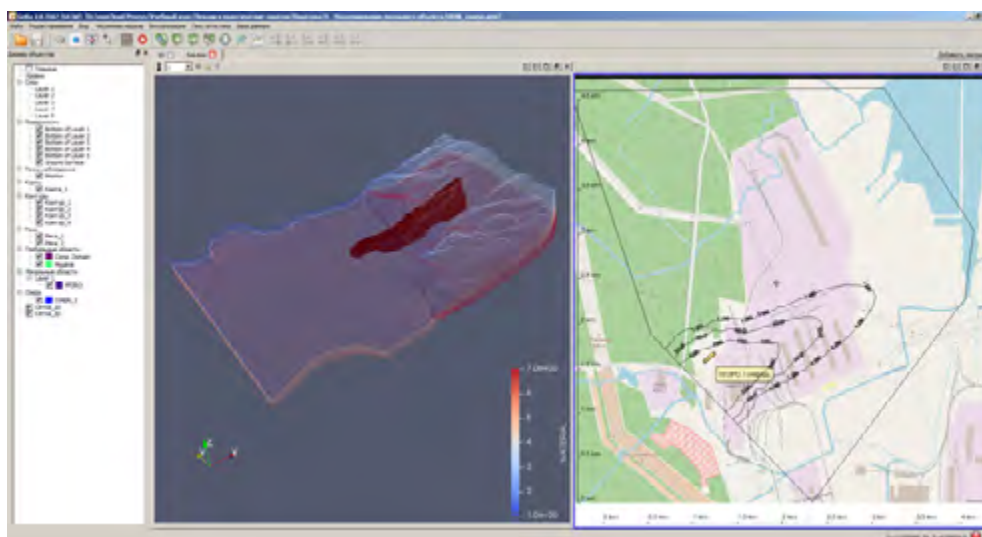


Рис. 3. Метод магнитной диагностики тела человека



Рису. 4. Интерфейс расчетного кода GeRa в процессе анализа результатов моделирования миграции загрязнений от пунктов приповерхностного захоронения радиоактивных отходов



Рис. 5. Схема работы системы Talisman

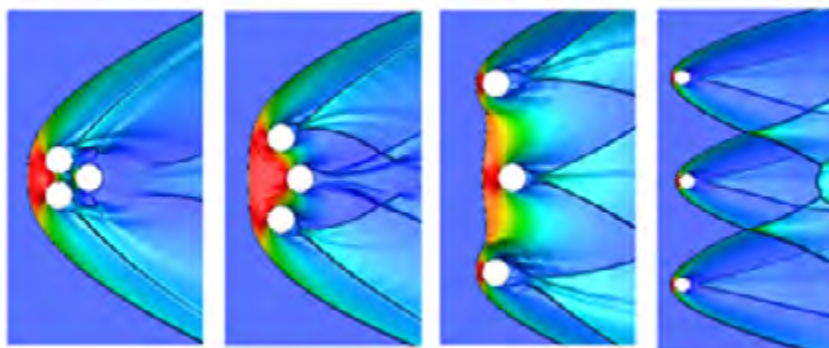


Рис. 6. Картины обтекания трех фрагментов в разные моменты времени

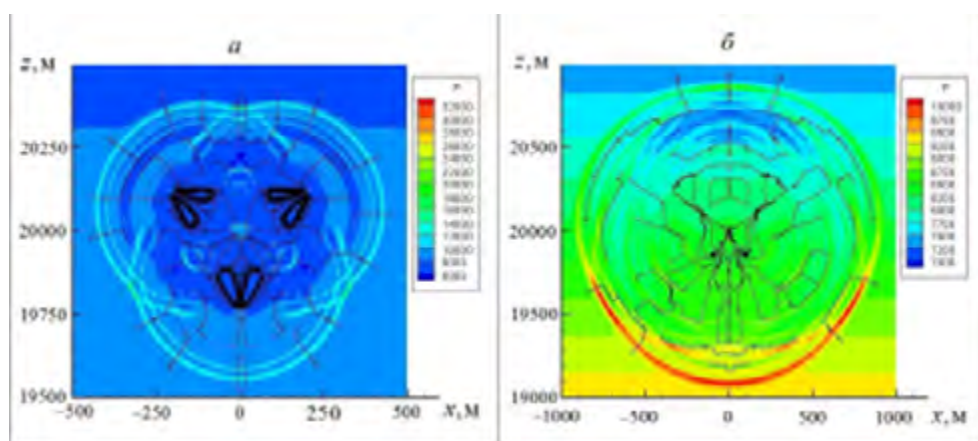


Рис. 7. Картины распределения давления и мгновенных линий тока для трех синхронных взрывов фрагментов метеороида

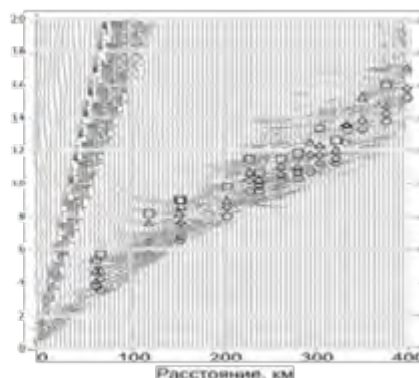
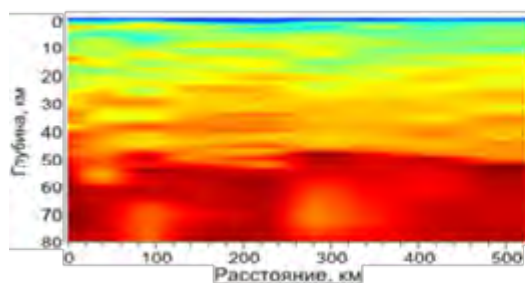


Рис. 8. Скоростная модель земной коры по результатам экспериментов PASSCAL – слева. Теоретические сейсмограммы для профиля Байкал-Улан-Батор с экспериментальными данными времен вступления волн – справа

Физические науки

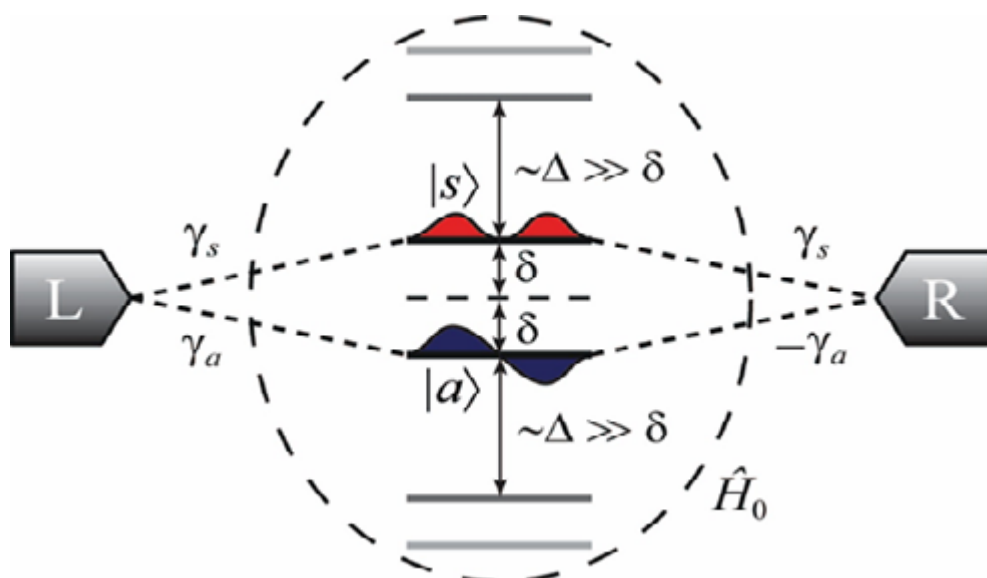


Рис. 9. Схематичный вид системы с вырожденными уровнями, подключенной к контактам. Вырождение может быть снято внешним возмущением

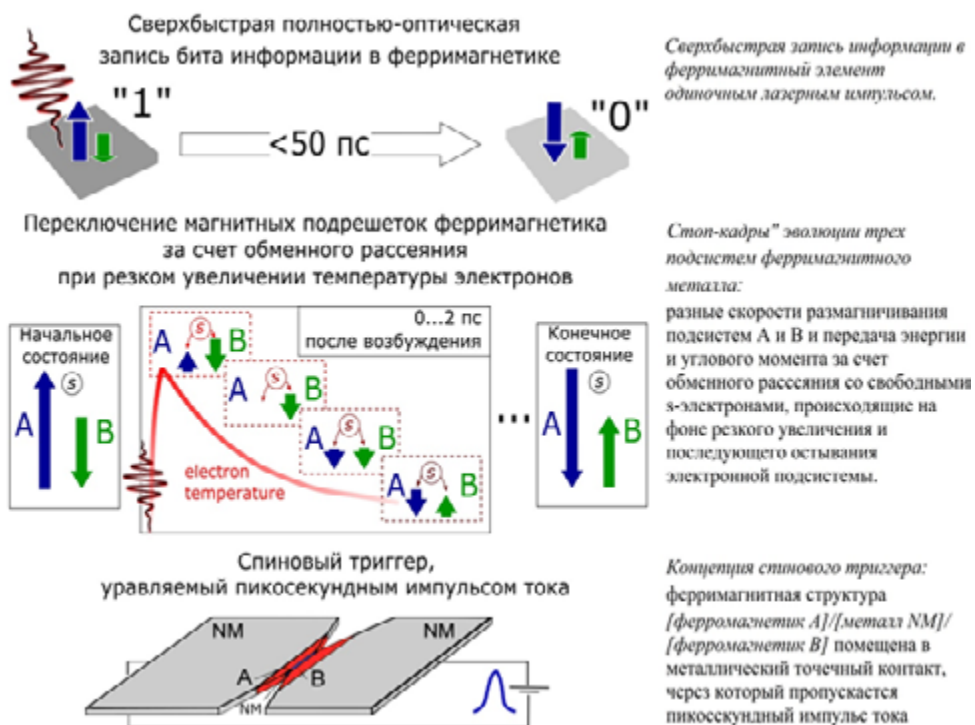


Рис. 10. Сверхбыстрое переключение намагниченности в ферримагнитных металлических гетероструктурах

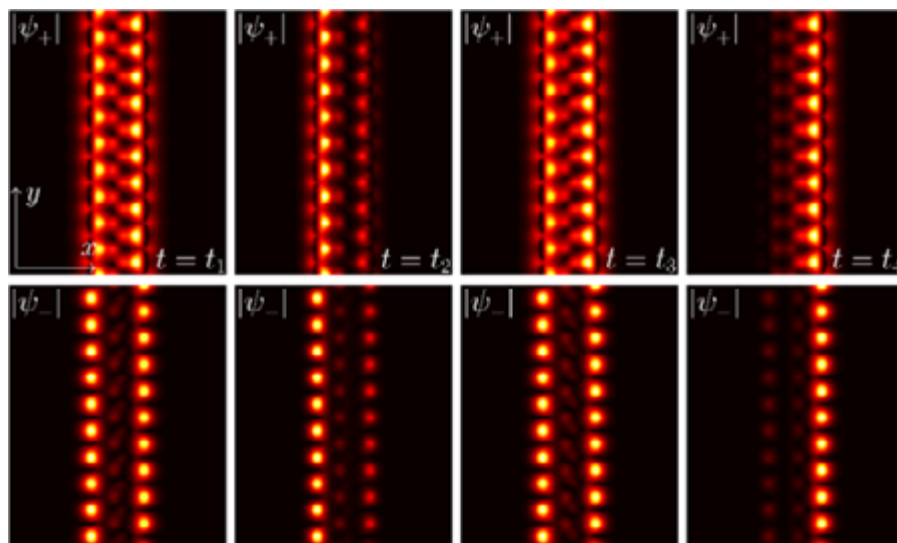


Рис. 11. Динамика переключения между крайевыми состояниями на противоположных границах, стимулированная временной модуляцией параметров микрорезонатора. Показаны распределения модуля двух спинорных компонент в различные моменты времени

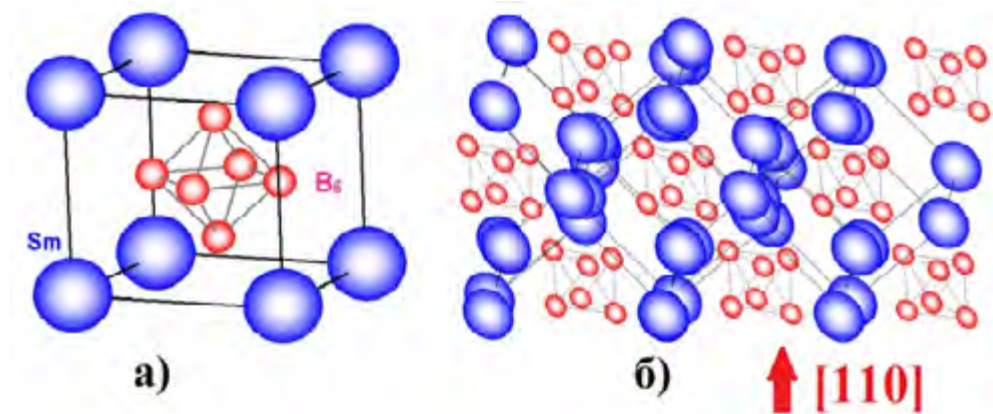


Рис. 12. а) – элементарная ячейка SmB_6 , б) – поверхность $[110]$

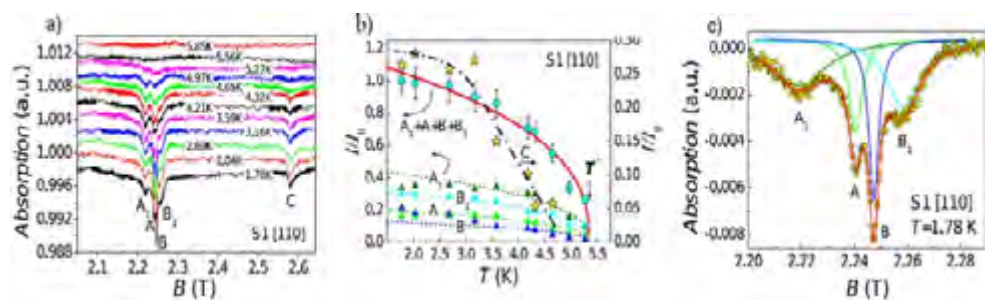


Рис. 13. Спектры ЭПР у SmB_6 , б – критическое поведение интегральной интенсивности различных линий (интегральная интенсивность пропорциональна магнитной восприимчивости парамагнитных центров); с – структура поглощения в окрестности ЭПР

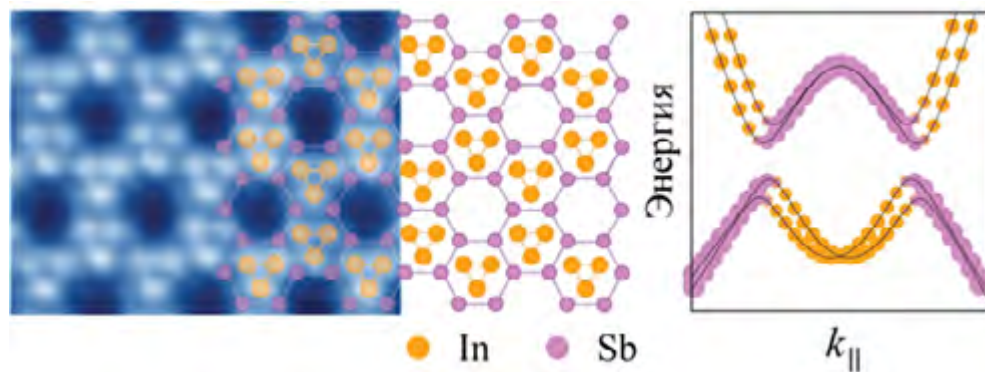


Рис. 14. Микроскопическое изображение поверхности $\text{InSb}/\text{Si}(111)$, атомная структура её верхнего двойного слоя и фрагмент её электронной зонной структуры, иллюстрирующий инверсию поверхностных зон In и Sb

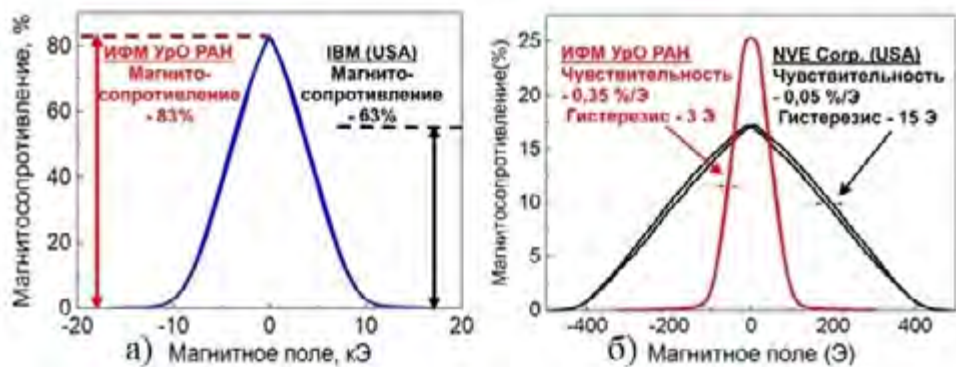


Рис. 15. а) - сверхрешетки CoFe/Cu с рекордным магнитосопротивлением, б) - высокочувствительные сверхрешетки NiFeCo/Cu с малым гистерезисом

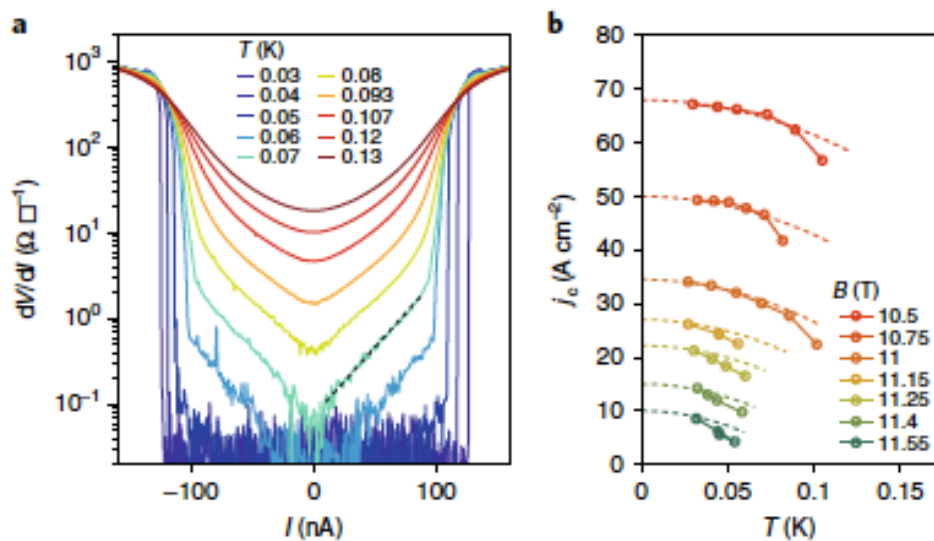


Рис. 16. Теория низкотемпературного поведения очень сильно неупорядоченных сверхпроводников в сильных магнитных полях и при низких температурах

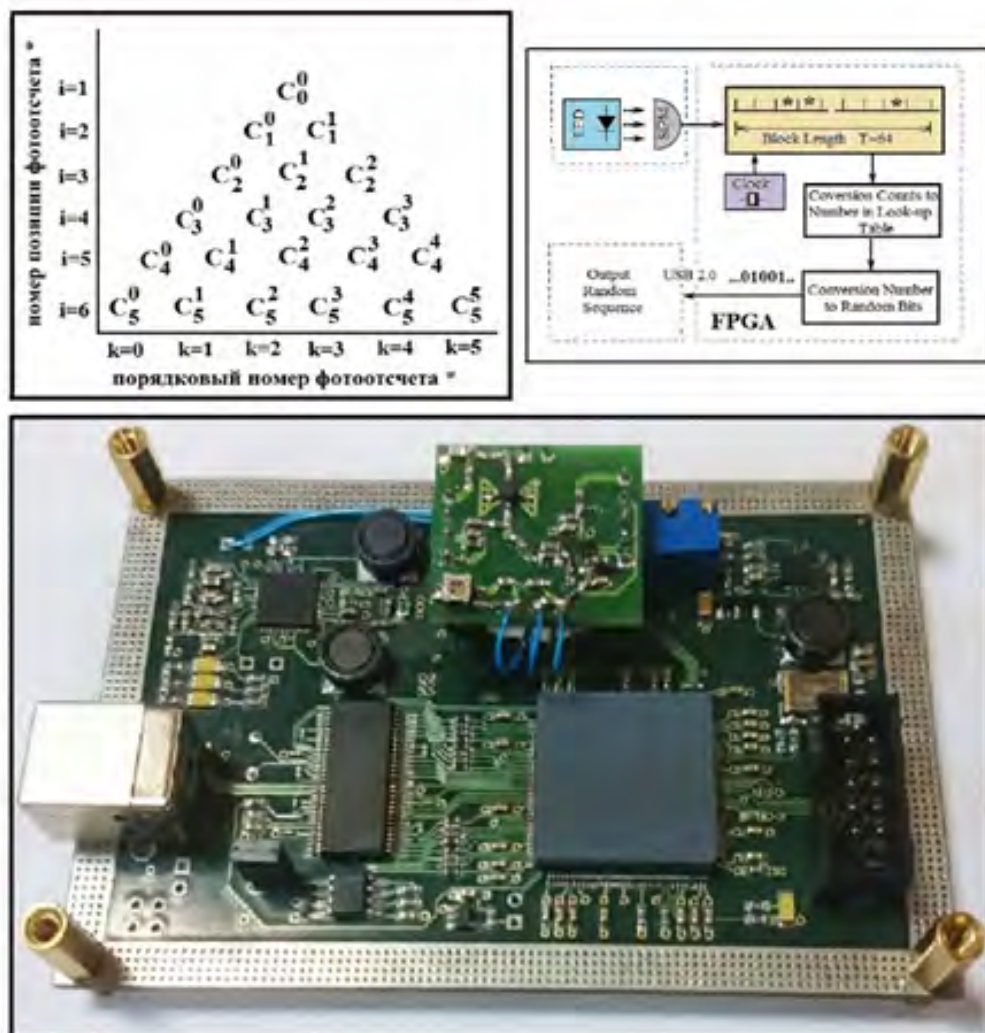


Рис. 17. а) Таблица для нумерации после (довательностей фотоотсчетов, которая представляет собой известный треугольник Паскаля (см. пример в тексте). б) Функциональная схема генератора случайных чисел. в) Внешний вид генератора

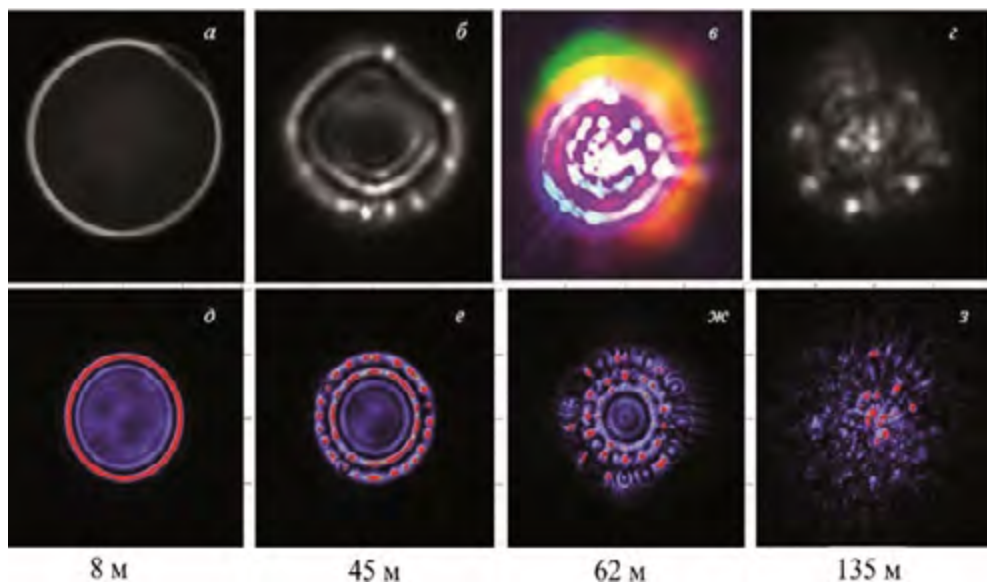


Рис. 18. Динамика бесплазменного самоканализирования фемтосекундного лазерного пучка (800) нм на 140-метровой воздушной трассе: эксперимент (а-г), численное моделирование (д-з)

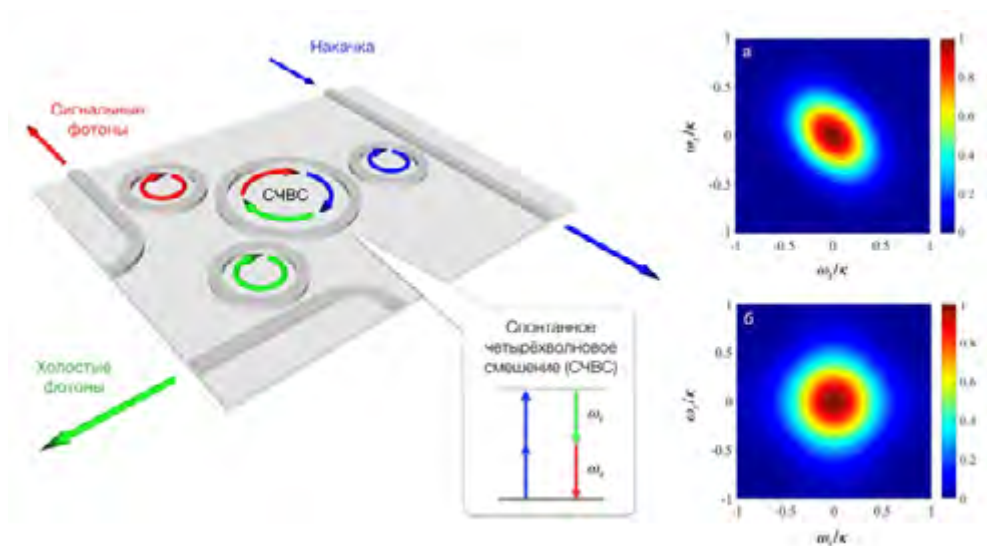


Рис. 19. Схема интегрального однофотонного источника (слева) и двухфотонные спектральные амплитуды (справа), соответствующие ненулевой (а) и нулевой (б) частотной корреляции между фотонами (ω_s (ω_r) – частота сигнального (холодного) фотона, κ – спектральная ширина линии резонатора). Последнее достигается при оптимальном соотношении параметров однофотонного источника

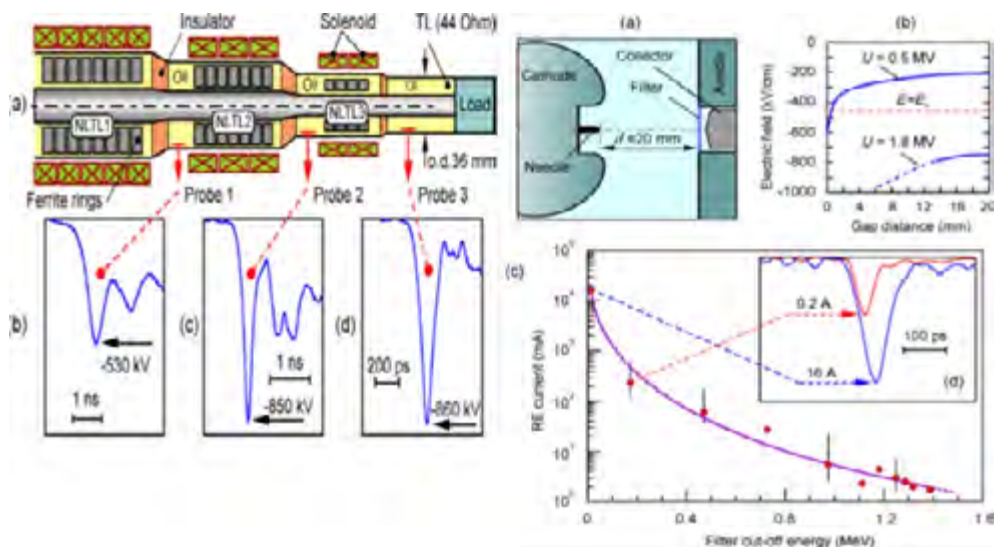


Рис. 20. Формирование пучков убегающих электронов релятивистских энергий в атмосфере

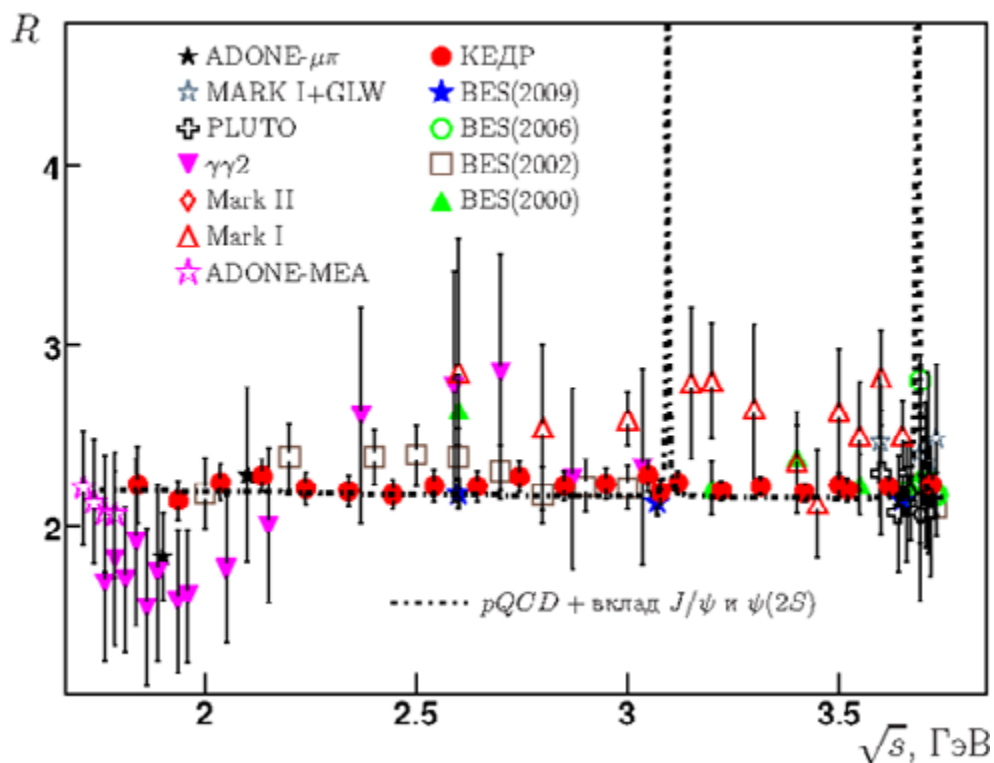


Рис. 21. Отношение сечений электрон-позитронной аннигиляции в адроны и мюоны (R), измеренное детектором КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М в сравнении с результатами других экспериментов и расчетом в рамках КХД



Рис. 22. Установка DANSS на Калининской атомной электростанции (Россия)

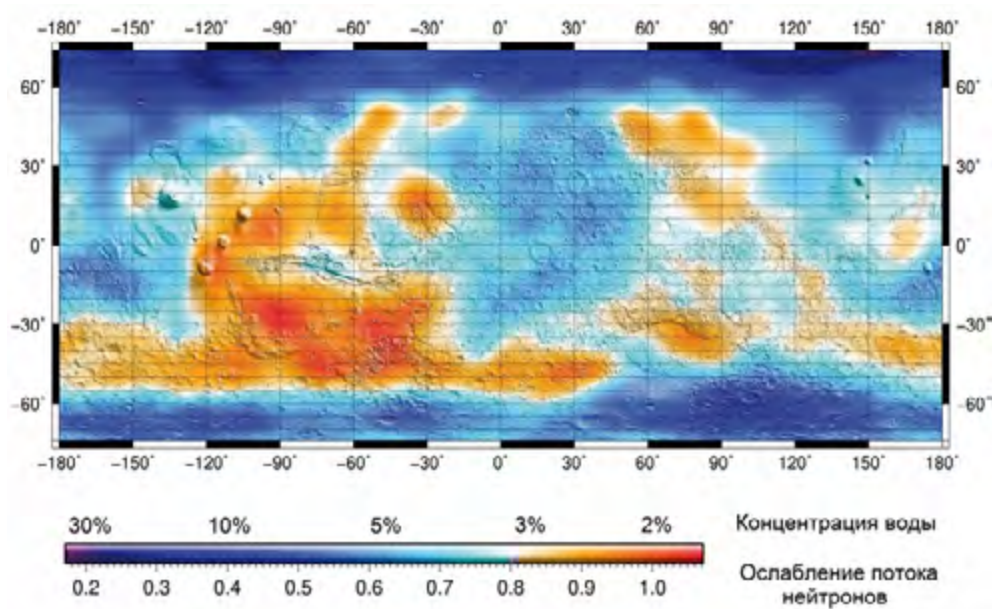


Рис. 23. Карта распределения воды в приповерхностном слое марсианского грунта, полученная по данным прибора ФРЕНД

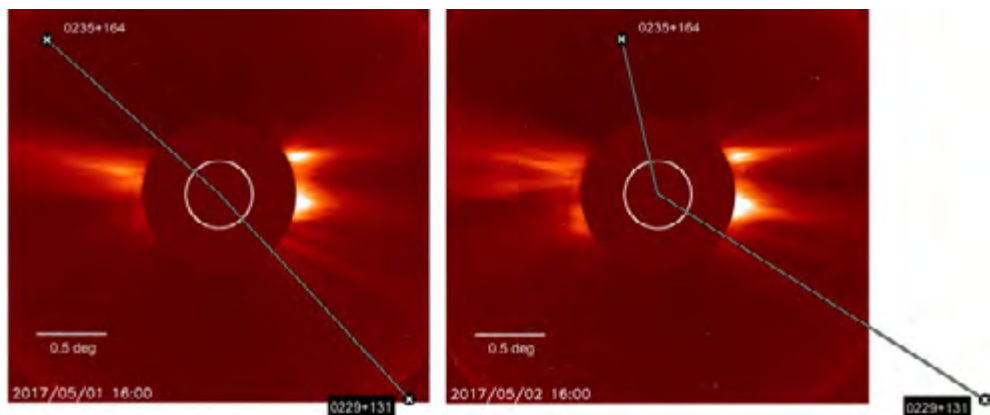


Рис. 24. Наблюдаемые источники близи Солнца в начале (слева) и в конце (справа) наблюдательной сессии

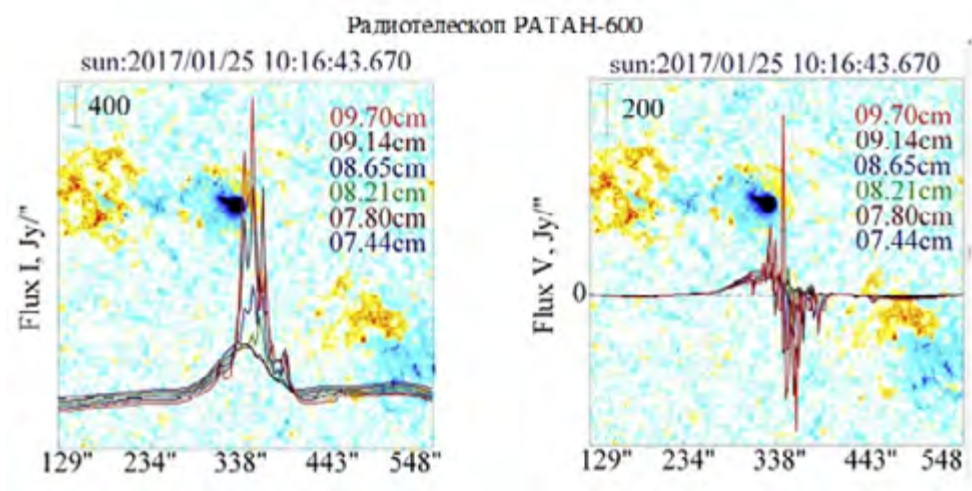


Рис. 25. Радиовсплеск 25 января 2017, 10:16:43 UT., зарегистрированный на РАТАН-600. Интенсивность (слева) и поляризация (справа) наложены на фотосферную магнитограмму. Показаны длины волн: 9.70, 9.14, 8.65, 8.21, 7.80 и 7.44 см (сверху вниз)

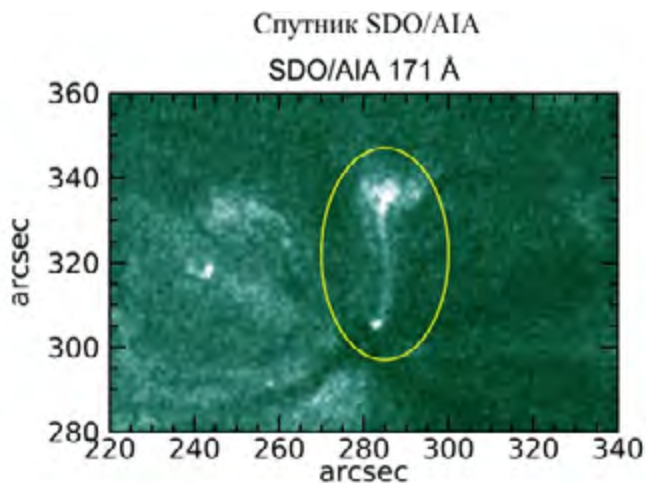


Рис. 26. Вид области вспышки в крайнем УФ (10:15:13 UT),
при распространении в корональной петле

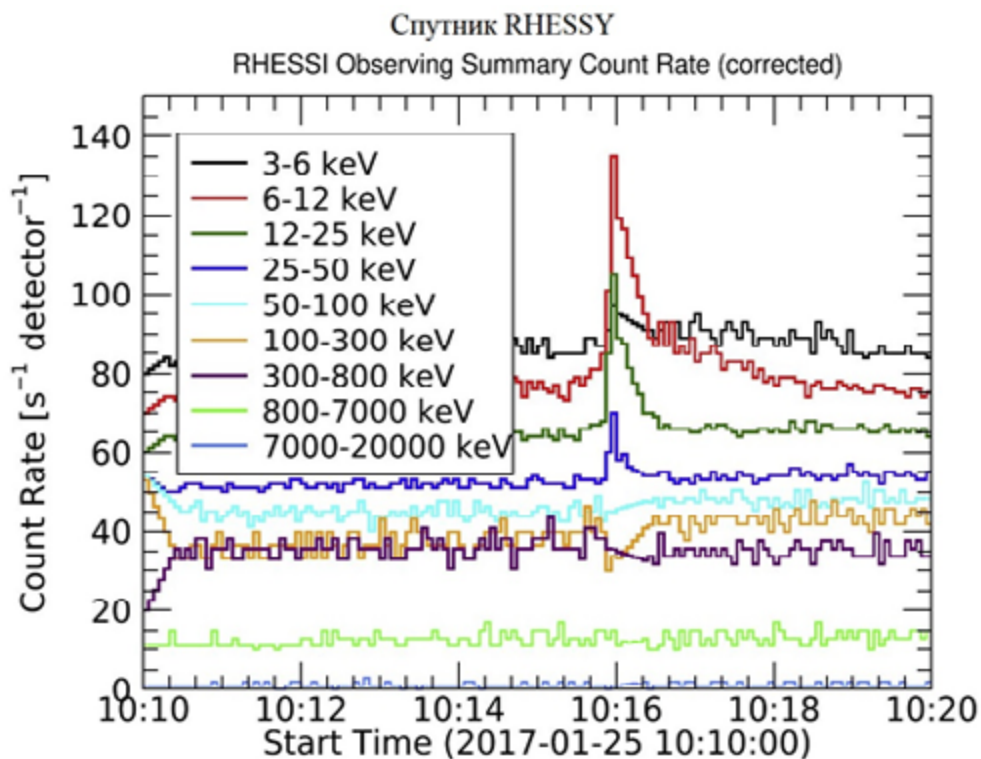


Рис. 27. Регистрация рентгеновского потока в различных энергетических каналах
от 3 keV до 20000 keV

Нанотехнологии и информационные технологии

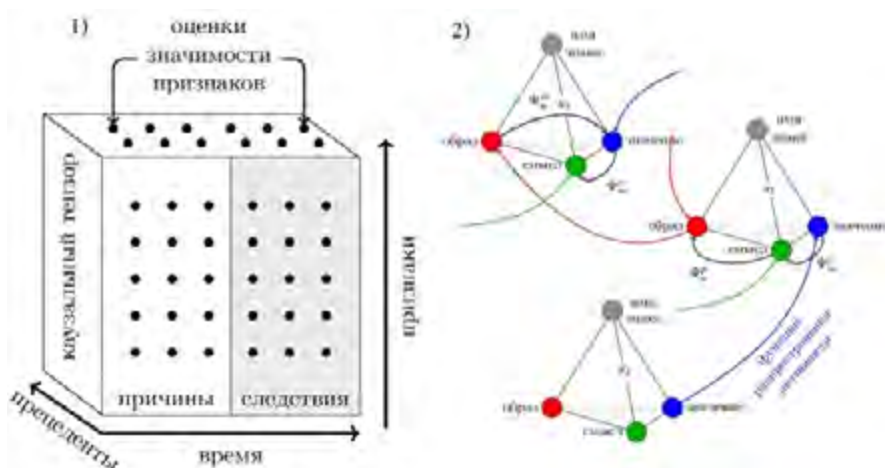


Рис. 28. 1) Схема каузального тензора, моделирующего компонент знака; 2) Распространение активности в знаковой картине мира

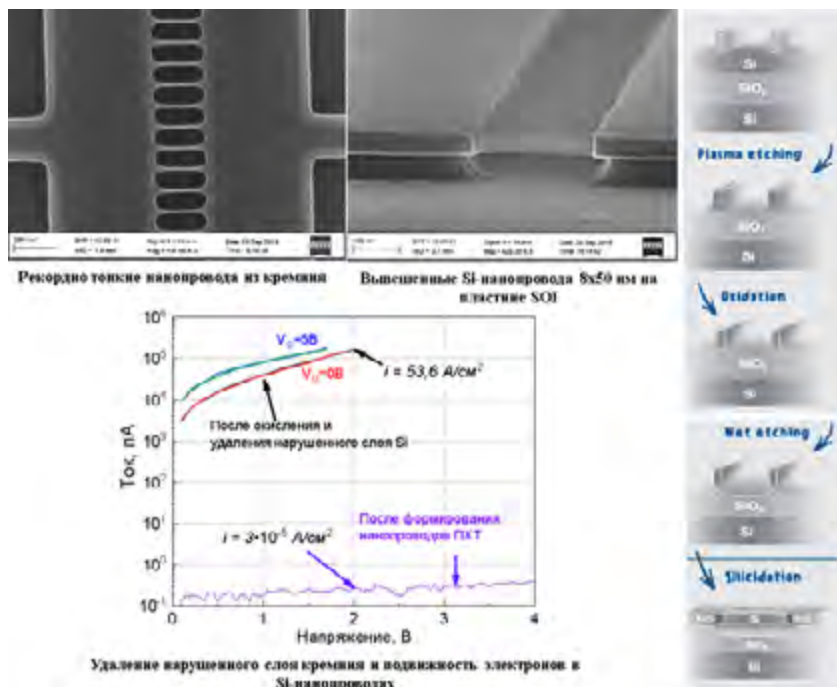


Рис. 29. Технология наноразмерных кремниевых Fin-структур и нанопроводов с критическим размером менее 10 nm

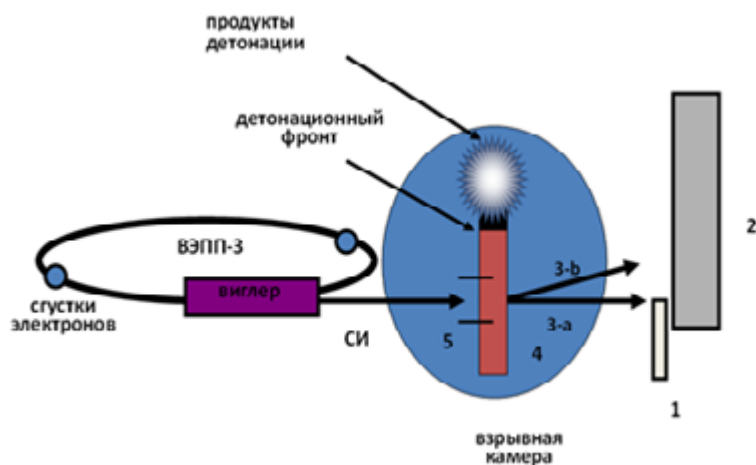


Рис. 30. Схема эксперимента по исследованию образования и росту наноалмазов во взрывчатых веществах с отрицательным кислородным балансом. 1 – ловушка пучка, 2 – однокоординатный детектор, 3-а,б – прямой и дифрагированный пучок, 4 – ВВ, 5 – контактный датчик

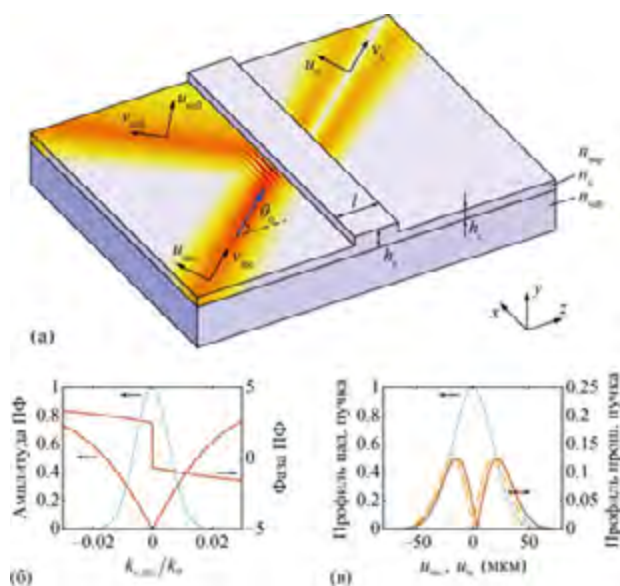


Рис. 31. а) Геометрия структуры для дифференцирования или интегрирования (ступенька на волноводном слое) и схематичное изображение выполнения операции дифференцирования в пропускании. (б) Амплитуда и фаза передаточной функции ступеньки-дифференциатора (сплошные линии). (в) Строго рассчитанный профиль прошедшего пучка (непрерывная линия) и аналитически рассчитанная производная от падающего пучка (штриховая линия). Профиль и спектр падающего пучка, выбранного для иллюстрации работы дифференциатора, показаны точечными линиями на рисунках (в) и (б), соответственно

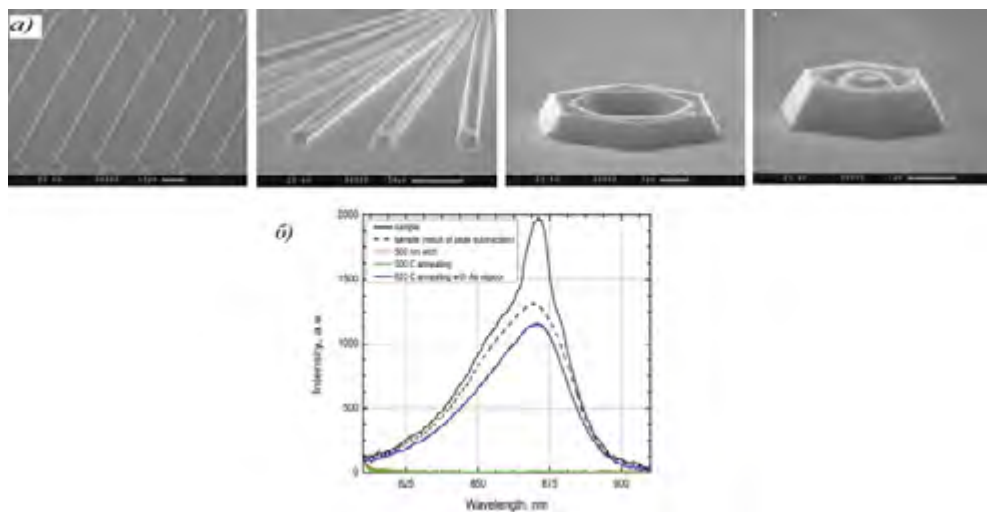


Рис. 34. а) Изображения GaN планарных волноводов, разветвителя и микрорезонаторов, селективно выращенных на SiN масках, подготовленных методом ионно-лучевой литографии; б) Восстановление эффективности люминесценции AlGaAs/GaAs гетероструктуры после ионно-лучевой литографии и термообработки

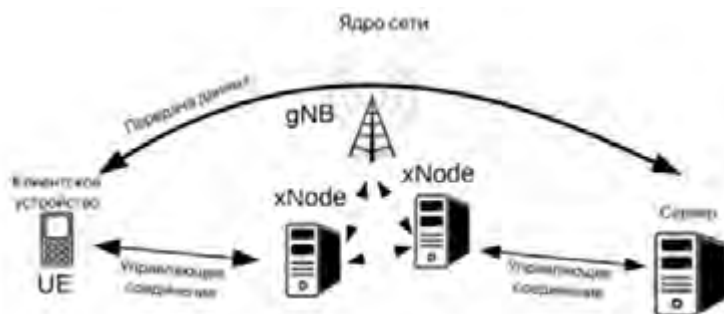


Рис. 35. Архитектура сети

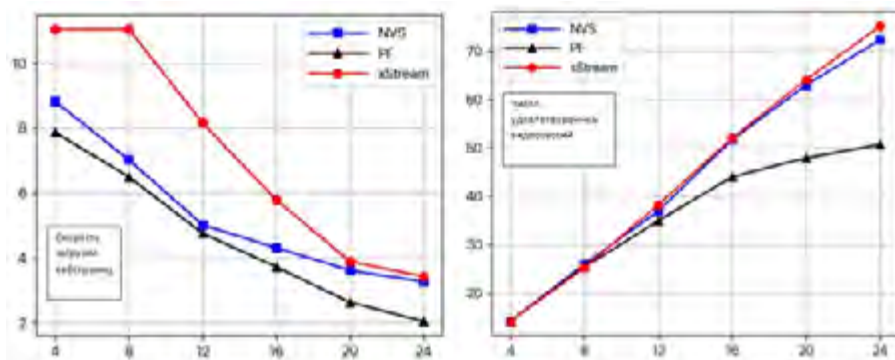


Рис. 36. При любой нагрузке на сеть решения, использующие xStream, показывают существенно более высокую производительность, чем решения, работающие в старой архитектуре

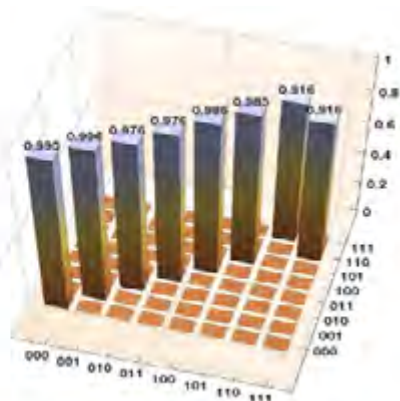
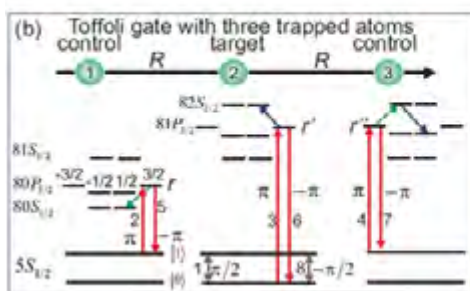


Рис. 37. Слева – схема выполнения трехкубитовой квантовой операции Toffoli gate с тремя ридберговскими атомами Rb. Управление атомными кубитами осуществляется с помощью коротких лазерных, микроволновых и электрических импульсов. Справа – расчетная таблица истинности выполнения трехкубитовой операции Toffoli gate, соответствующая общей точности 98,3%

Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления



Рис. 38. Получение бионефти из биомассы микроводорослей

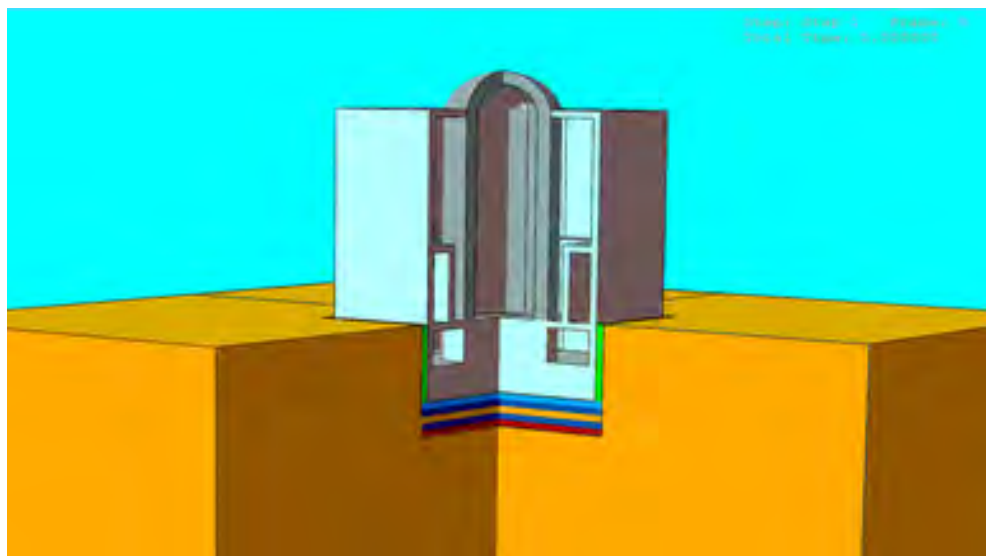


Рис. 39. Конечно-элементная модель промышленного здания с многослойной сейсмической защитой от объемных сейсмических Рн S волн высокой интенсивности

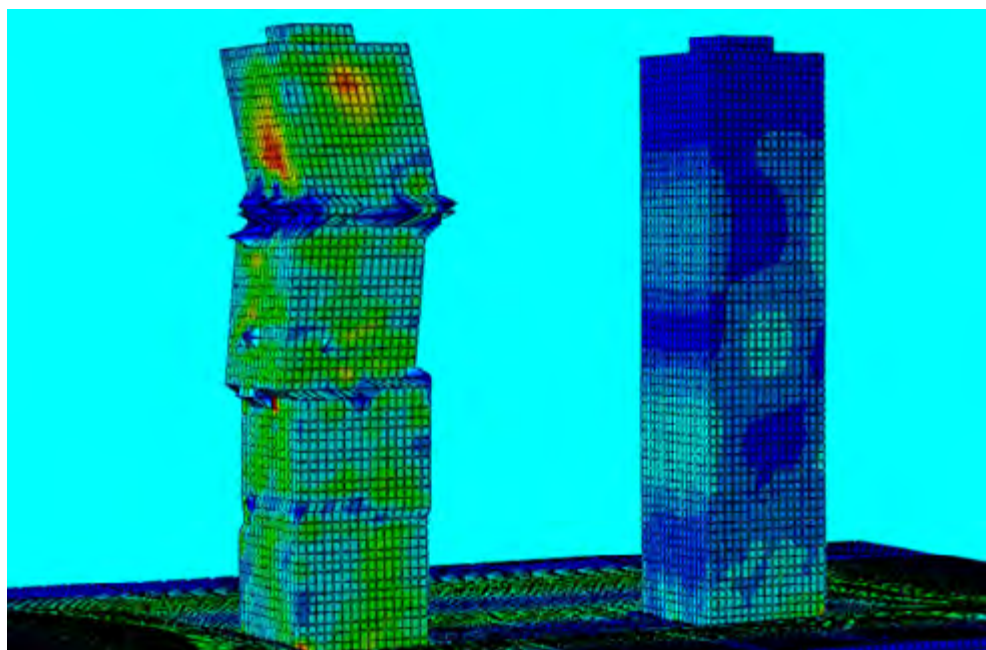


Рис. 40. Конечно-элементные модели двух высотных зданий. Землетрясение высокой интенсивности вызвало колебания грунта силой ~ 9 . Левое здание сейсмически незащищено, правое защищено от сейсмических волн с помощью гранулированных метаматериалов



Рис. 41. Привязная высотная телекоммуникационная платформа



Рис. 42. Орошение структурированной насадки динамически управляемым распределителем жидкости на стенде «Большая Фреоновая Колонна», не имеющем аналогов в мире

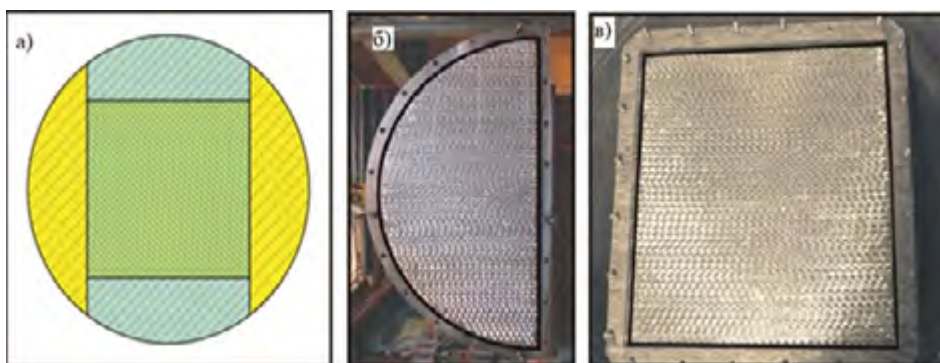


Рис. 43. Схема колонны с разделительными стенками (а); (б, в) – секции колонны с полуцилиндрической и квадратной структурированными насадками

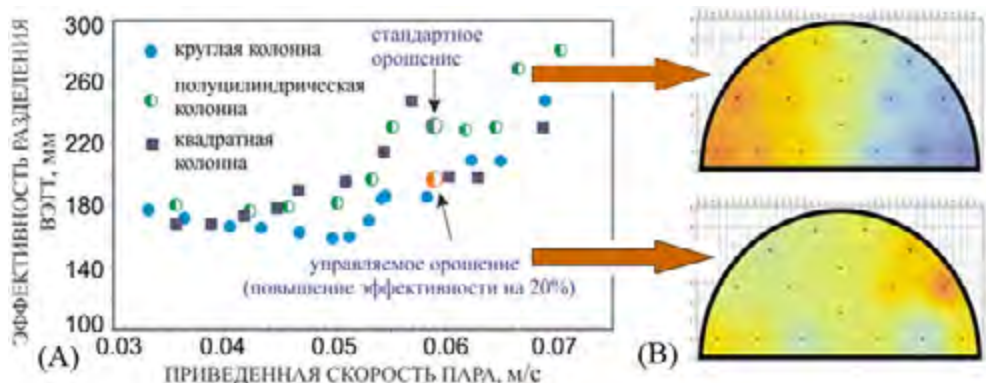


Рис. 44. (А) Влияние формы поперечного сечения секций колонн и метода орошения жидкостью насадки на эффективность разделения смесей (В) Выравнивание поля концентрации летучего компонента в смеси по сечению полусилиндрической структурированной насадки при управляемом орошении

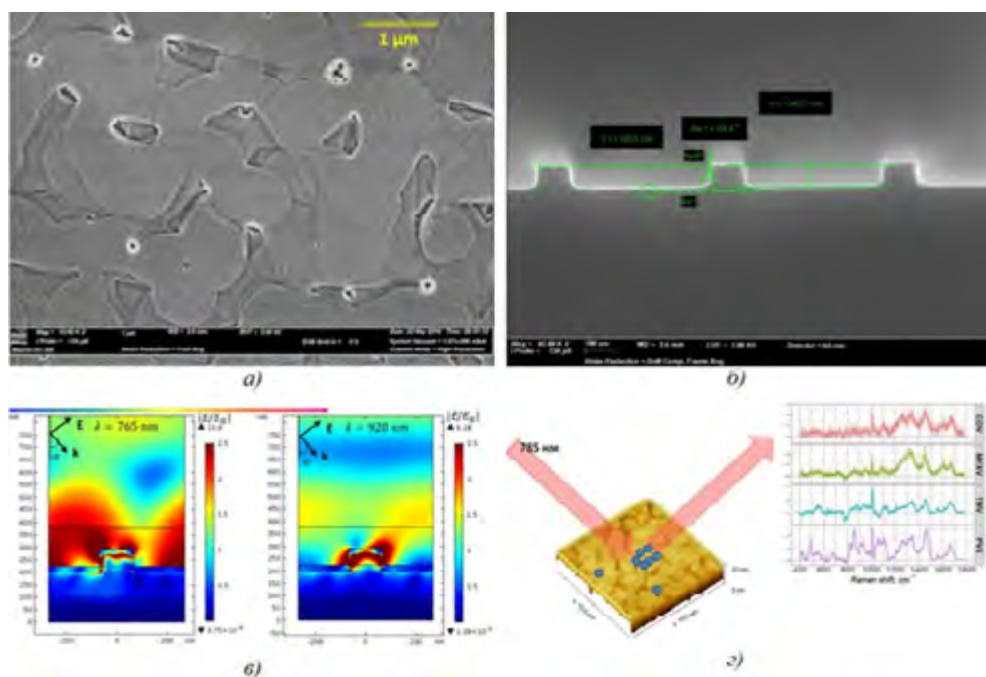


Рис. 45. а,б) Растровые электронные изображения оптического сенсора, состоящего из наночастиц серебра с самоорганизованной морфологией и сенсора состоящего из периодической, гребенчатой кремниевой структуры с нанесённым нанослоем серебра; в) Распределение электрического поля в локализованных и делокализованных резонансах; г) Регистрации спектров вирусов с помощью поверхностно-усиленного комбинационного рассеяния: CDV -вирус собачьей чумки; MYXV – вирус миксомы; TMV – вирус табачной мозаики; PVX – X-вирус картофеля

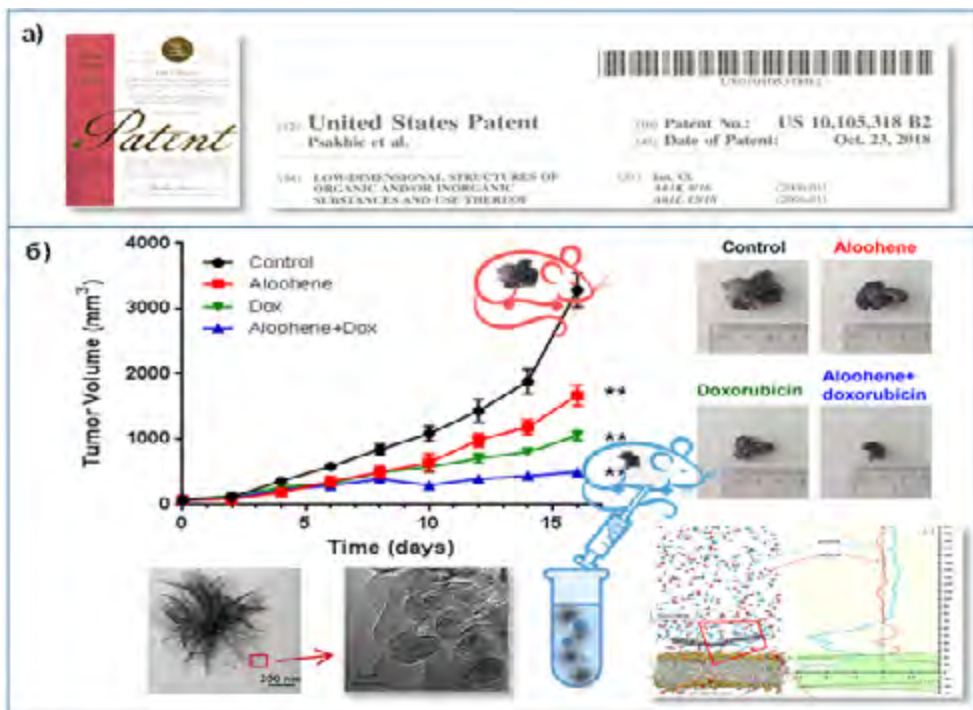


Рис. 46. Патент США (а); противоопухолевое действие разработанных наноструктур алохена (б)

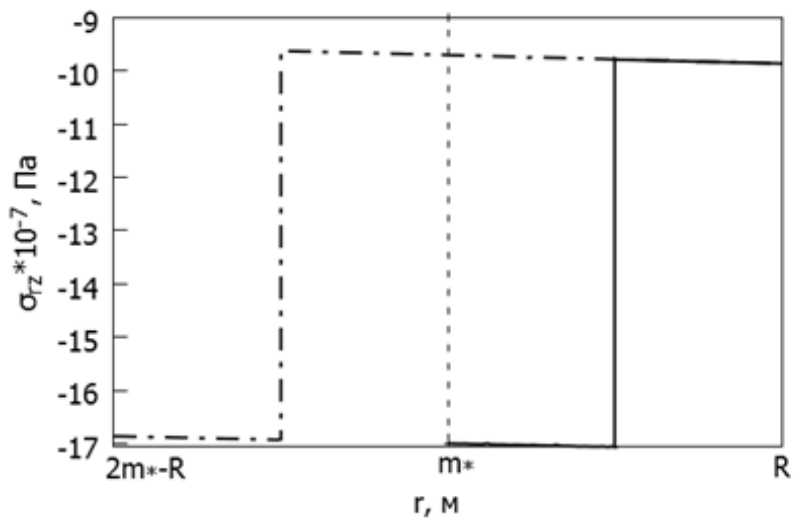


Рис. 47. Распределение напряжения $\sigma_{rz}(r,t)$ вдоль радиуса r в промежуточные моменты времени t до (сплошная линия) и после (штрихпунктирная линия) отражения волны разгрузки от упругопластической границы m^* (R – радиус трубы)



Рис. 48. Эксперименты в ПИЛ

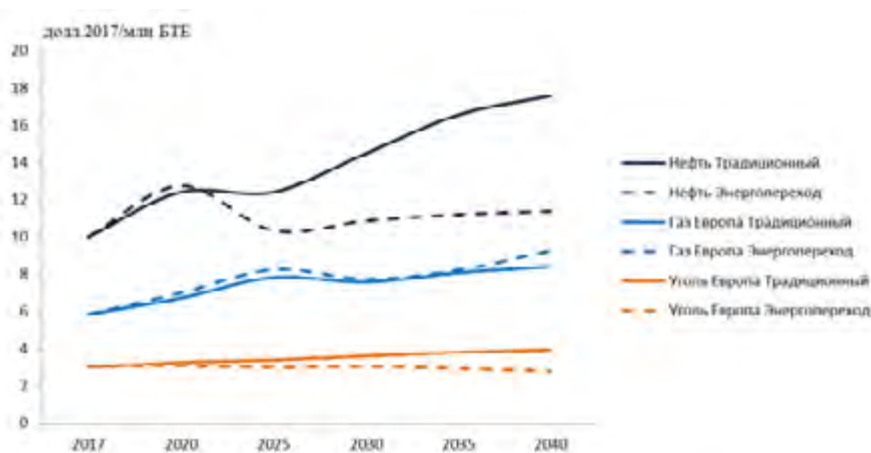


Рис. 49. Изменение равновесных цен на органическое топливо в Европе в сценариях традиционный и Энергопереход

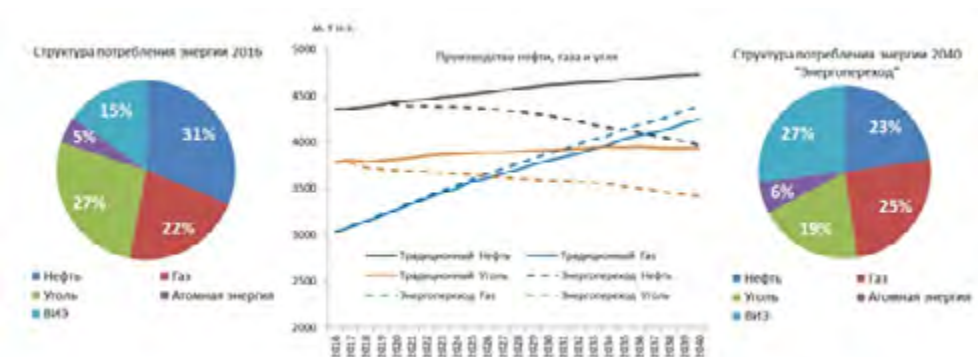


Рис. 50. Динамика добычи нефти, газа и угля и изменение структуры энергопотребления

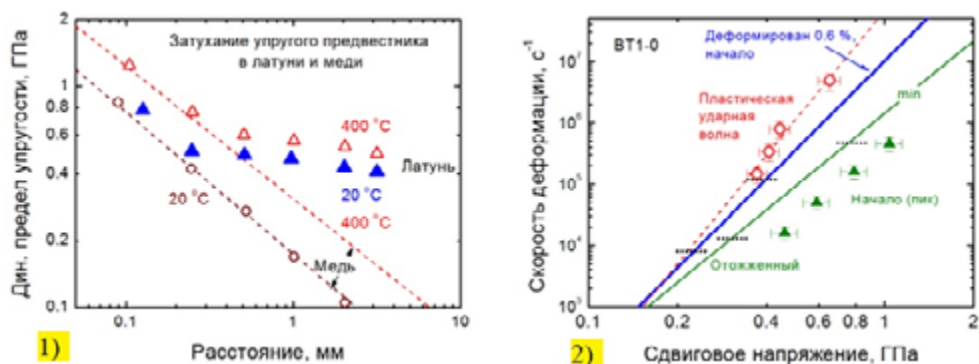


Рис. 51. 1) Затухание в латуни и меди. 2) Зависимости скорости пластической деформации от напряжения для свежетожденного и деформированного титана

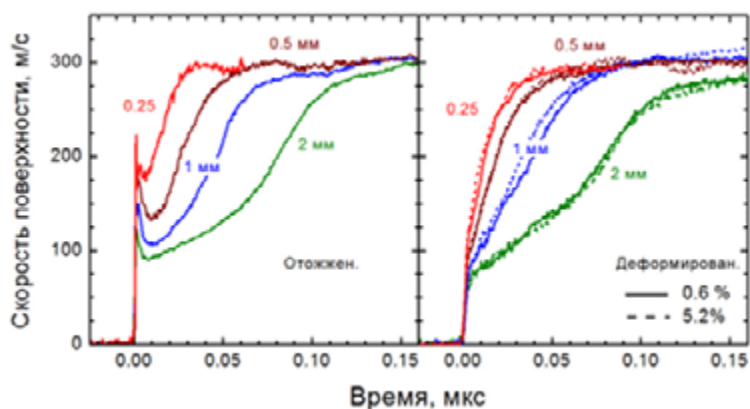


Рис. 52. Влияние малых предварительных деформаций на эволюцию упругопластических волн ударного сжатия в титане BT1-0

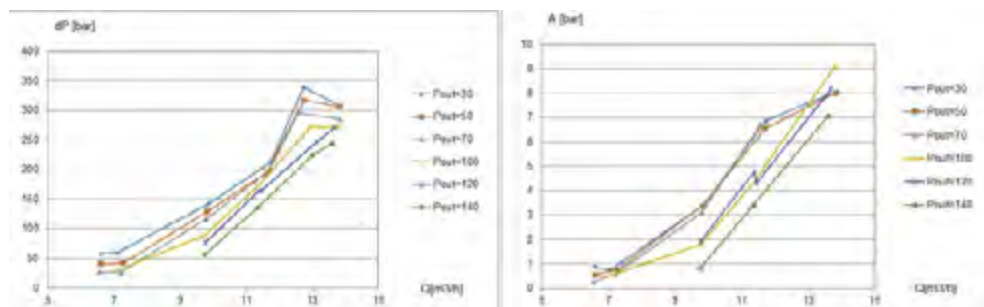


Рис. 53. Зависимости перепада давления и амплитуды колебаний от расхода жидкости при различных значениях статического давления

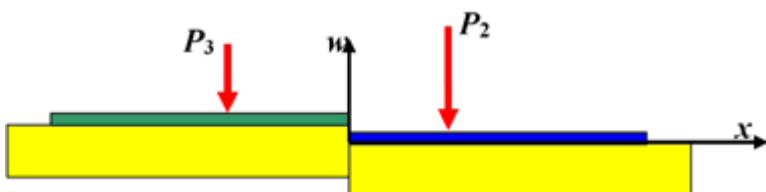


Рис. 54. Теоретический расчет последствий землетрясения



Рис. 55. Сдвиг поверхности после Спитакского землетрясения 1988 года

Химия и науки о материалах

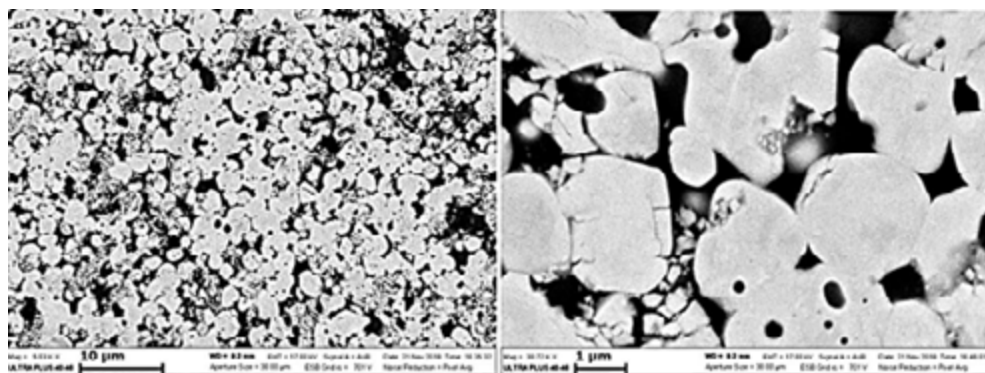


Рис. 56. Микроструктура композита Ta₄ZrC₅, полученного при ЭТВ смеси порошков тантала, циркония и сажи

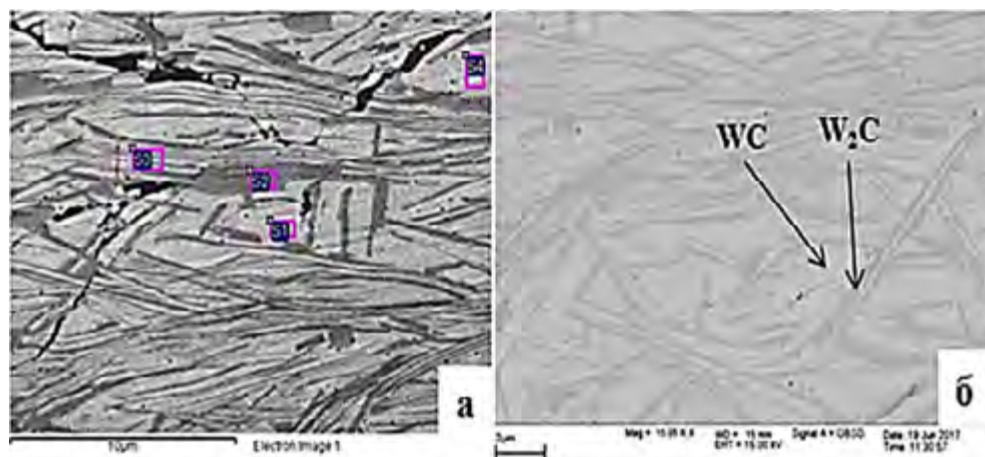


Рис.57. Микроструктура керамического композита WC–W₂C (а, б)



Рис. 58. Нано-структурирование реагентов в органическом синтезе с атомарной точностью

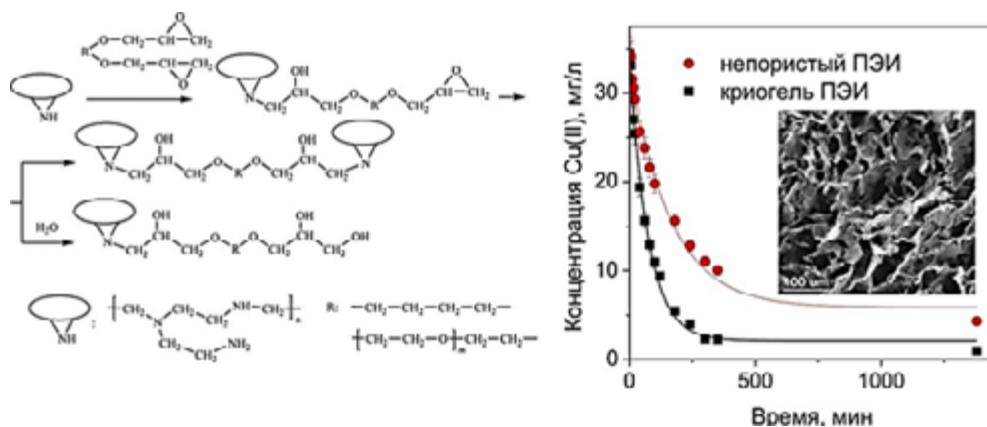


Рис. 59. Схема сшивки ПЭИ диглицидовыми эфирами гликолей. Кинетика сорбции ионов Cu(II) ПЭИ, сшитым диглицидиловым эфиром 1,4-бутандиола при комнатной температуре (непористый ПЭИ) и при -20°C (криогель ПЭИ). Вставка – СЭМ изображение лиофилизованного криогеля ПЭИ

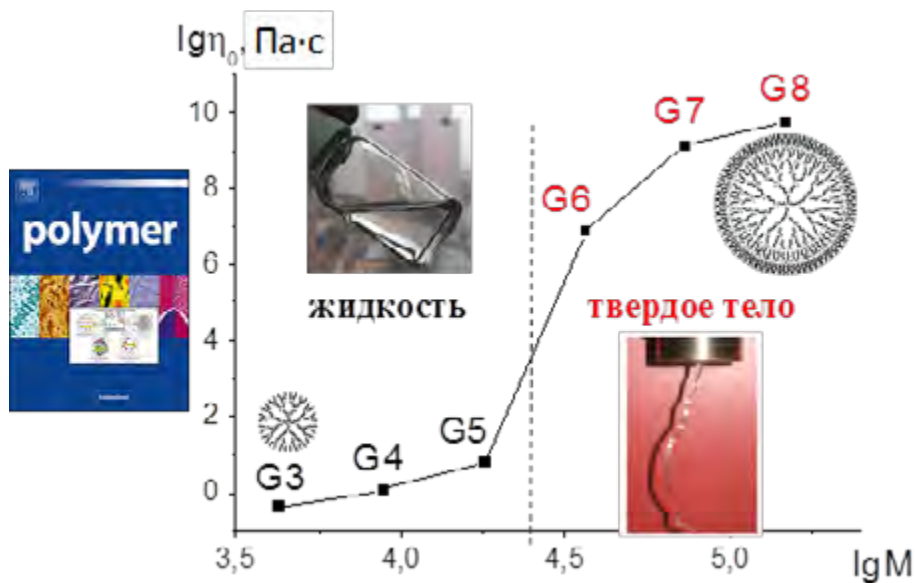


Рис. 60. Макромолекулярные нанобъекты – новые виды полимерной материи



Рис. 61. Гидротермально-каталитический процесс

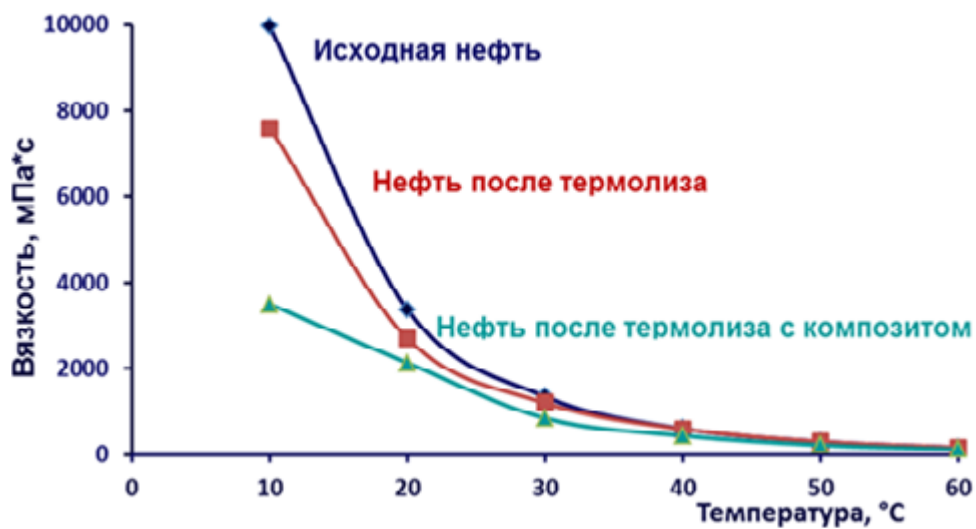


Рис. 62. Вязкостно-температурные характеристики Ашальчинской нефти до и после гидротермально-каталитического процесса

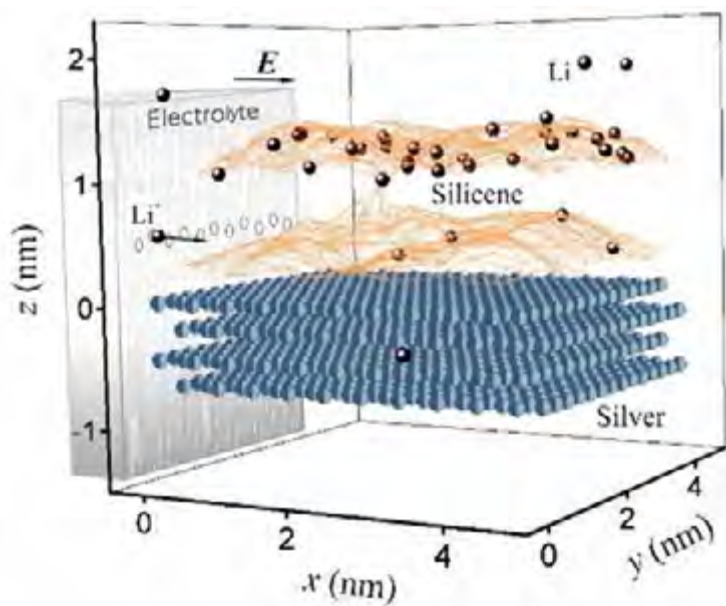


Рис. 63. Канал, образованный листами совершенного силицена, на подложке Ag (111) после процесса Li-интеркаляции, E – напряженность электрического поля

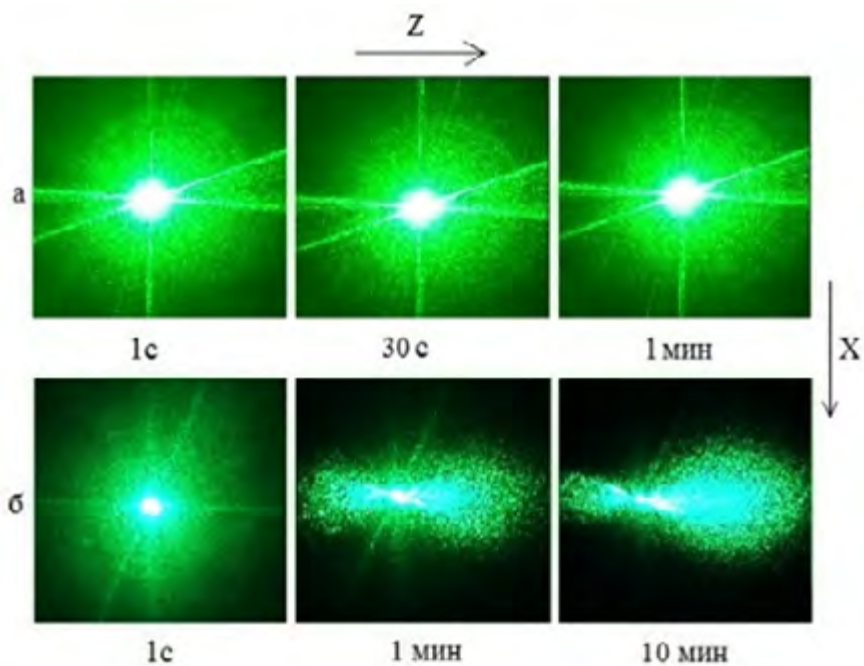


Рис. 64. Картины ФИРС кристалла $\text{LiNbO}_3\text{-Zn}$ ($[\text{ZnO}] \geq 1,6$ мол. % в расплаве): облученный ионизирующим излучением (а); необлученный (б). $\lambda = 532$ нм. $P = 160$ мВт

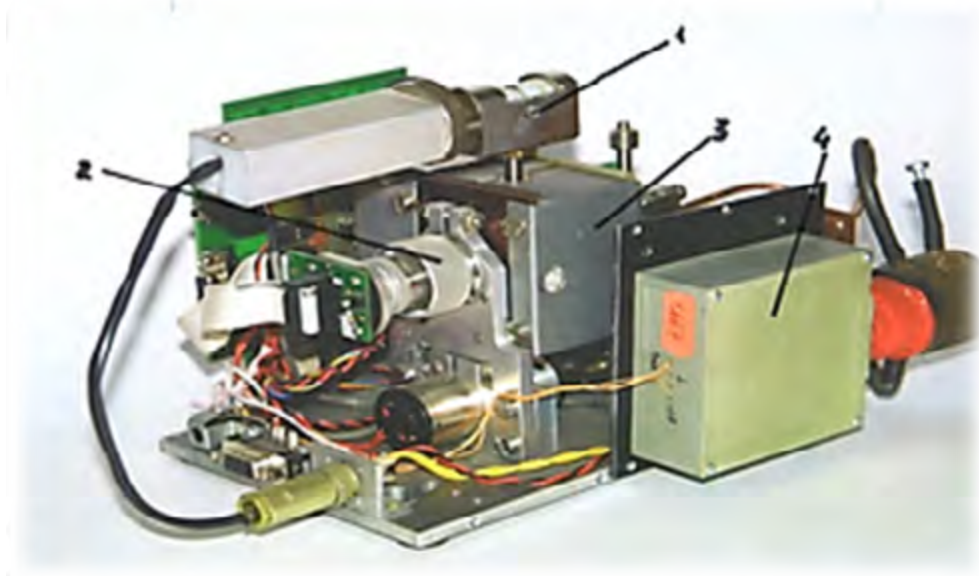


Рис. 65. Внешний вид устройства для обнаружения взрывчатых веществ.
1 – испаритель пробы; 2 – эмиттор; 3 – коллектор; 4 – хемилюминесцент

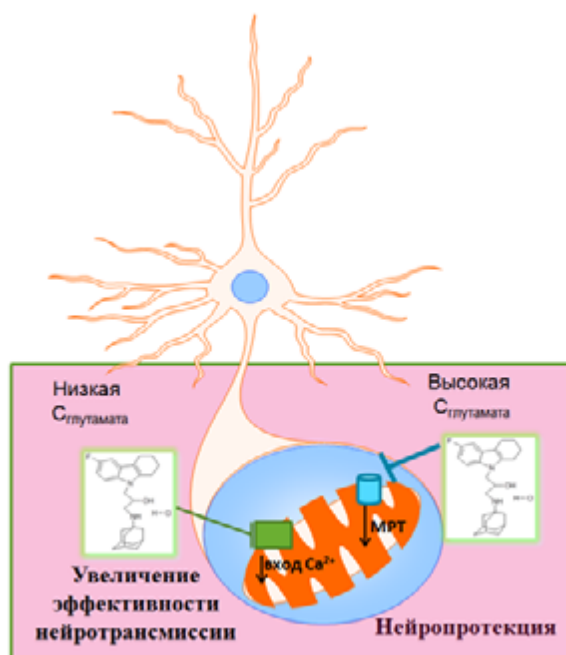


Рис. 66. Механизм нейропротекции, связанный с влиянием на митохондрии

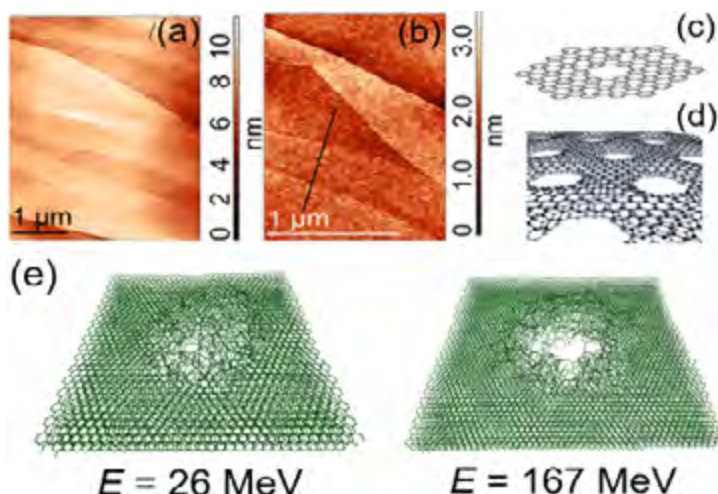
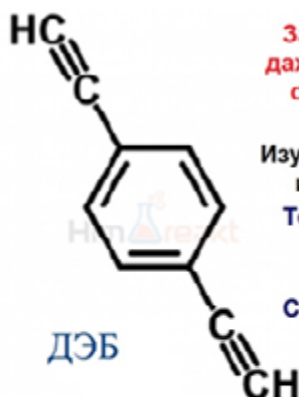


Рис. 67. (a) и (b) АСМ-изображения поверхности первичной и дефектной пленки, облученной НЭ ионами, (c) модель облученного НЭ ионами графена, (d) модель структуры с «замкнутыми» отверстиями, полученной после облучения ВЭ ионами биграфена, (e) модели образования отверстий в пленке под действием ионов



За счет высокой энтальпии образования ДЭБ «горит» даже без доступа воздуха, температура достигает 1950 К, образуются мелкие порошкообразные углеродистые продукты.

Изучены скорости горения как индивидуального ДЭБ, так и его смесей со связующим (до 20%) и ПХА (до 15%)

Топлива на основе ДЭБ могут обеспечить повышение дальности полета на 30% по сравнению с существующими опытными топливами.

Скорость горения индивидуального ДЭБ в отсутствие кислорода 2-3 мм/с



ДЭБ	1,4-Диэтинилбензол	$C_{10}H_6$
Плотность, кг/м ³	1150	
Энтальпия образования, кДж/кг	4011	
Массовая теплота сгорания, МДж/кг	41.0	
Объемная теплота сгорания, МДж/л	47.1	

Рис. 68. 1,4-Диэтинилбензол- $C_{10}H_6$ (ДЭБ); плотность – 1150 кг/м³, энтальпия образования – 4011 кДж/кг, массовая теплота сгорания – 41.0 МДж/кг, объемная теплота сгорания – 47,1 МДж/л



Рис. 69. Первый в мире дозвуковой полет беспилотного летательного аппарата с прямоточным двигателем нового типа

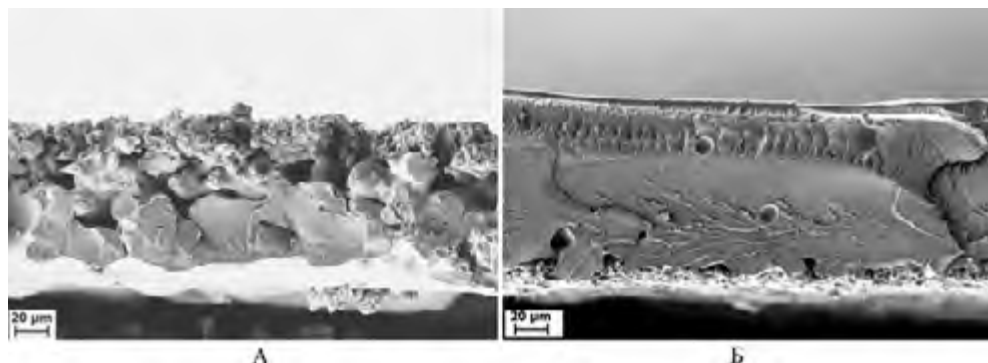


Рис. 70. СЭМ скола полиимидных пленок, полученных методом СЛС на основе:
А -ТИ порошка Р-ОДФО; Б - ХИ порошка Р-ОДФО

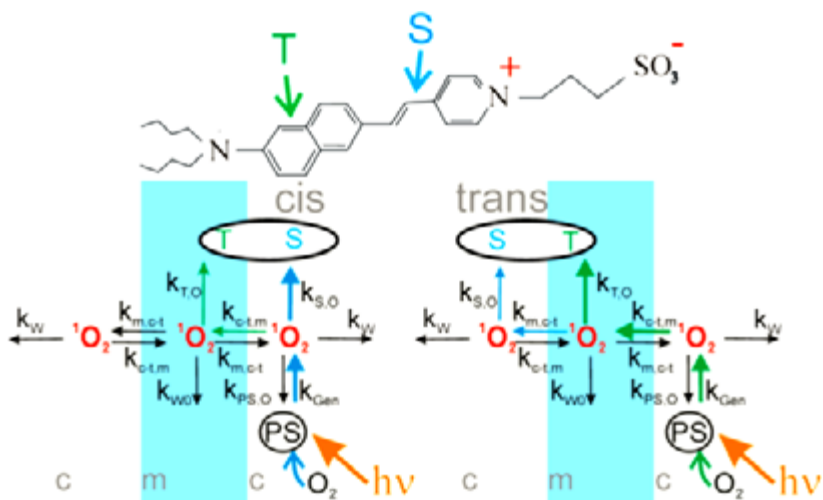


Рис. 71. Кинетическая модель генерации, транспорта и тушения синглетного кислорода на липидной мембране

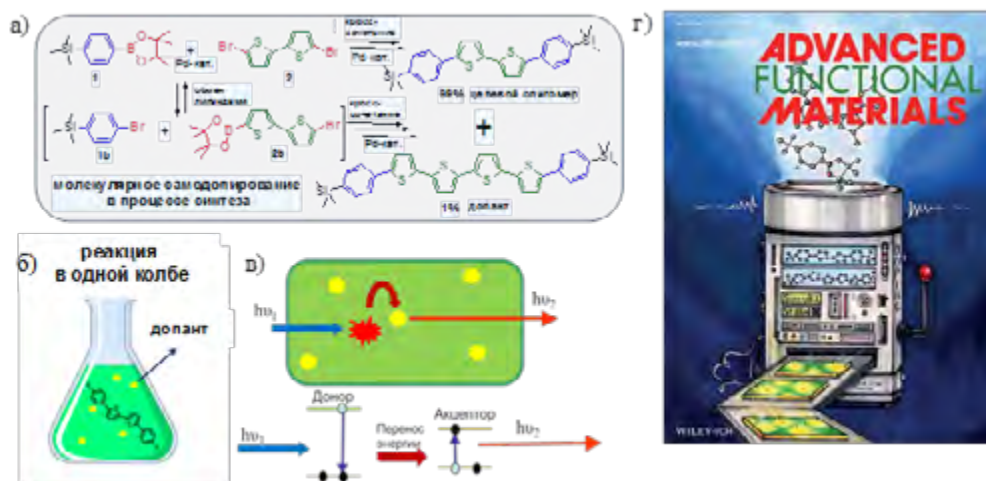


Рис. 72. Схема реакций (а), происходящих в одной колбе (б) при синтезе молекулярно само-допированного олигомера; схема переноса энергии электронного возбуждения от целевого олигомера (донора) к олигомеру-допанту (акцептору) в монокристалле (в), обложка журнала с опубликованными результатами работы (г)

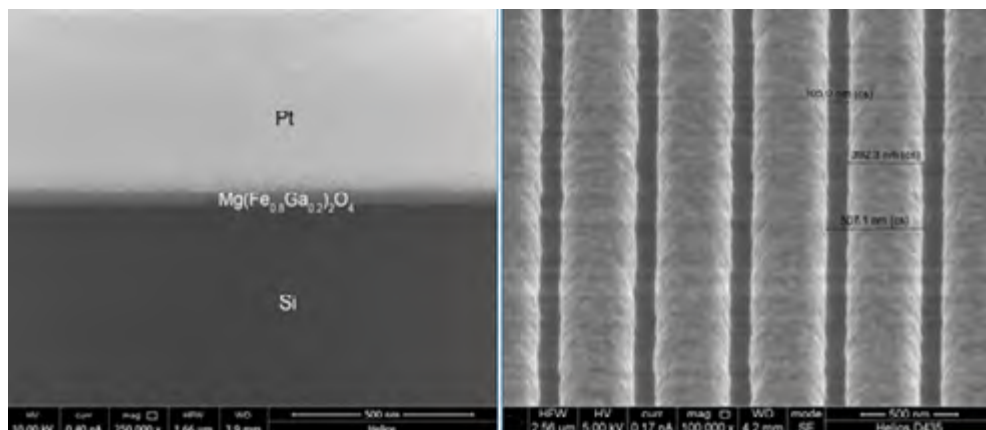


Рис. 73. Технология создания пленок ферритов на полупроводниковых подложках для микроэлектронных устройств нового поколения

Биологические науки

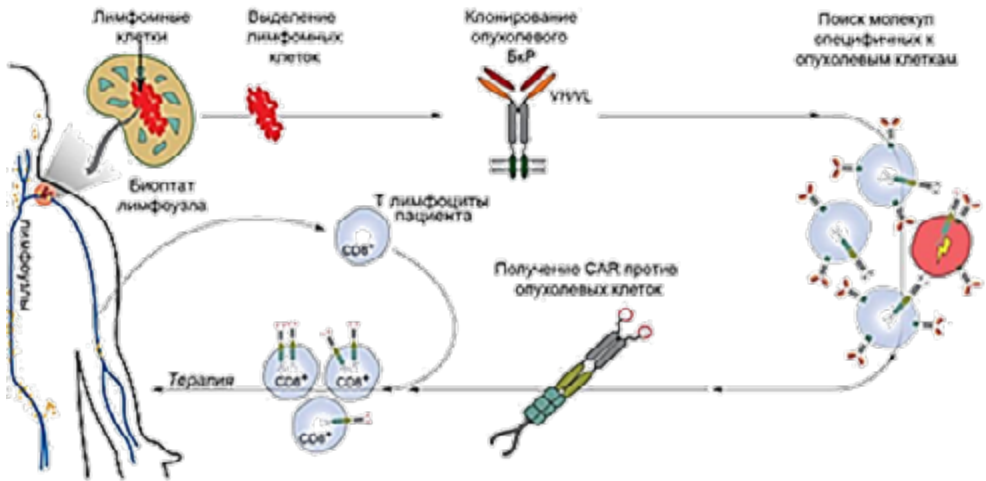


Рис. 74. Процедура выявления лиганда для персонализированной терапии



Рис. 75. Отпечатки дикинсоний (*Dickinsonia cf. menneri*) с сохранившимся собственным органическим веществом

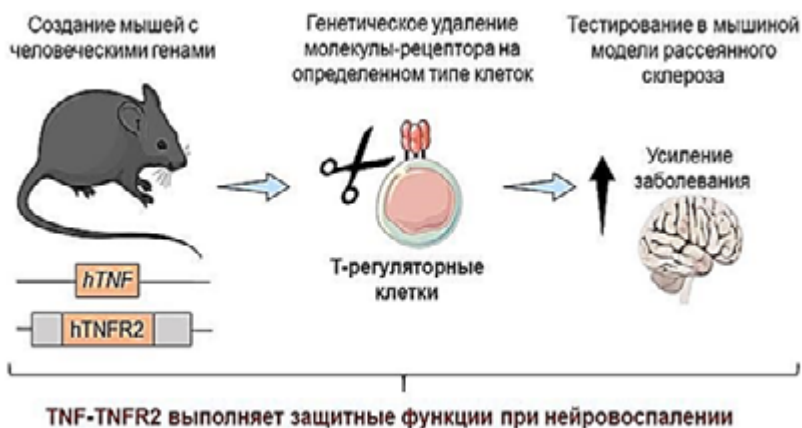


Рис. 76. Определение новых защитных функций фактора некроза опухоли (ФНО) с помощью технологий редактирования генома

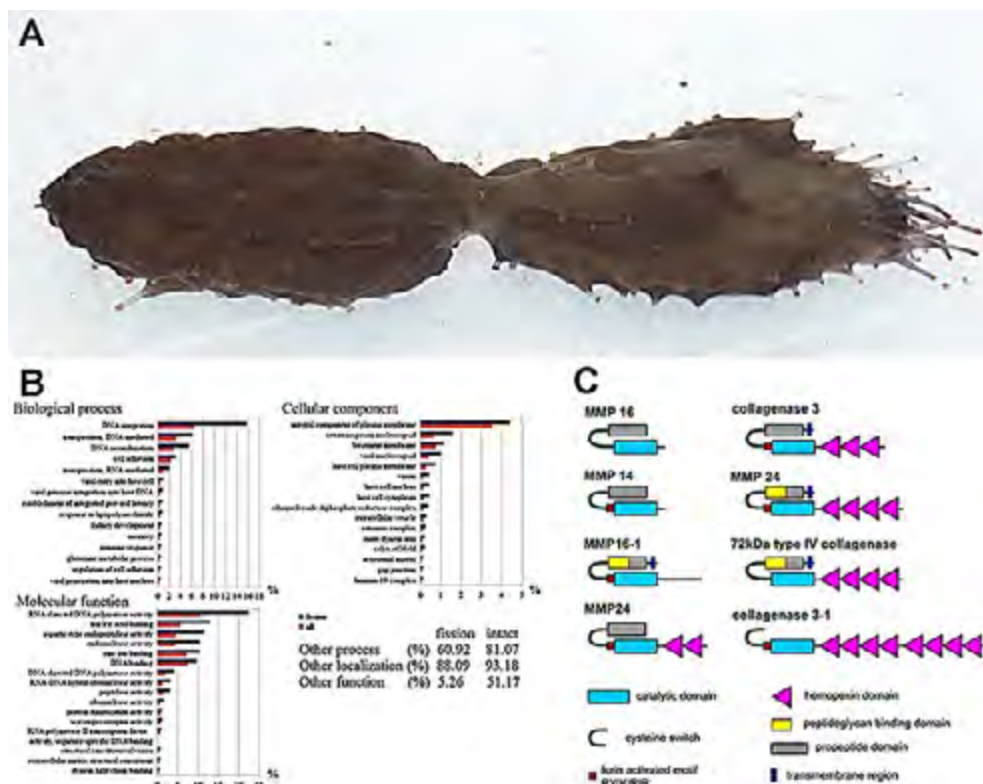


Рис. 77. Анализ транскриптома у голотипии *Cladolabes schmeltzii*. А. Голотипия *C. schmeltzii* в процессе деления. В. Анализ геномной онтологии транскриптома. С. Схемы строения матричных металлопротеиназ, гены которых экспрессируются при бесполом размножении

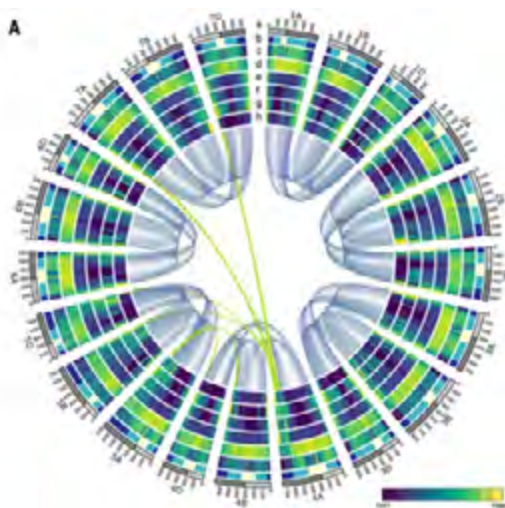


Рис. 78. Секвенирование генома пшеницы

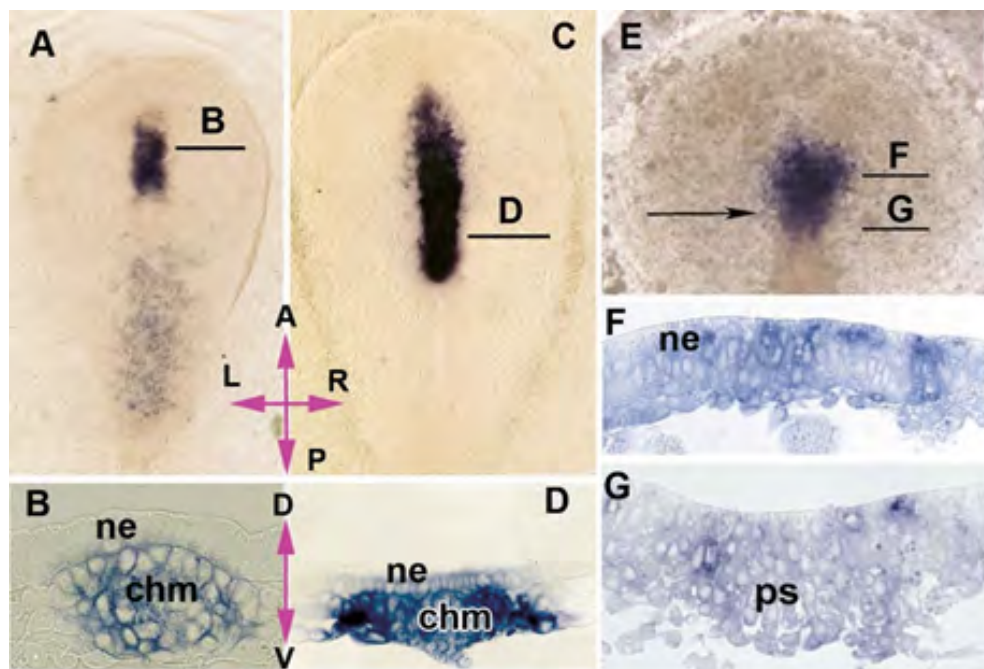


Рис. 79. Экспрессия *shh* у эмбрионов кролика и курицы. А, С, Е – тотальные препараты, В, D, F, G – поперечные срезы. А, В – у кролика на ранней стадии экспрессия видна в хордомезодерме (chm), но не в нейроэктодерме (ne); позже (С, D) она появляется и в нейроэктодерме. Е–G – у курицы *shh* экспрессируется в нейроэктодерме еще до формирования хорды (стрелка – конец первичной полоски, ps)

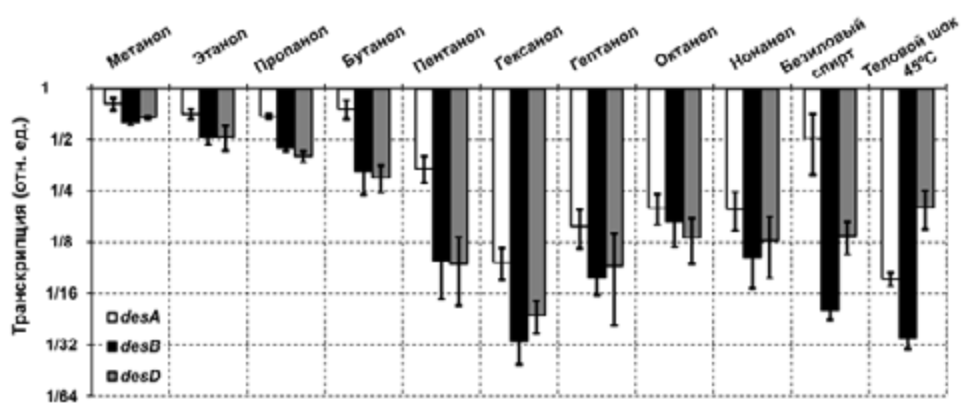


Рис. 80. Относительная экспрессия генов десатураз жирных кислот (desA, desB и desD) при 30-минутном спиртовом (10 mM) или температурном стрессе (45°C)

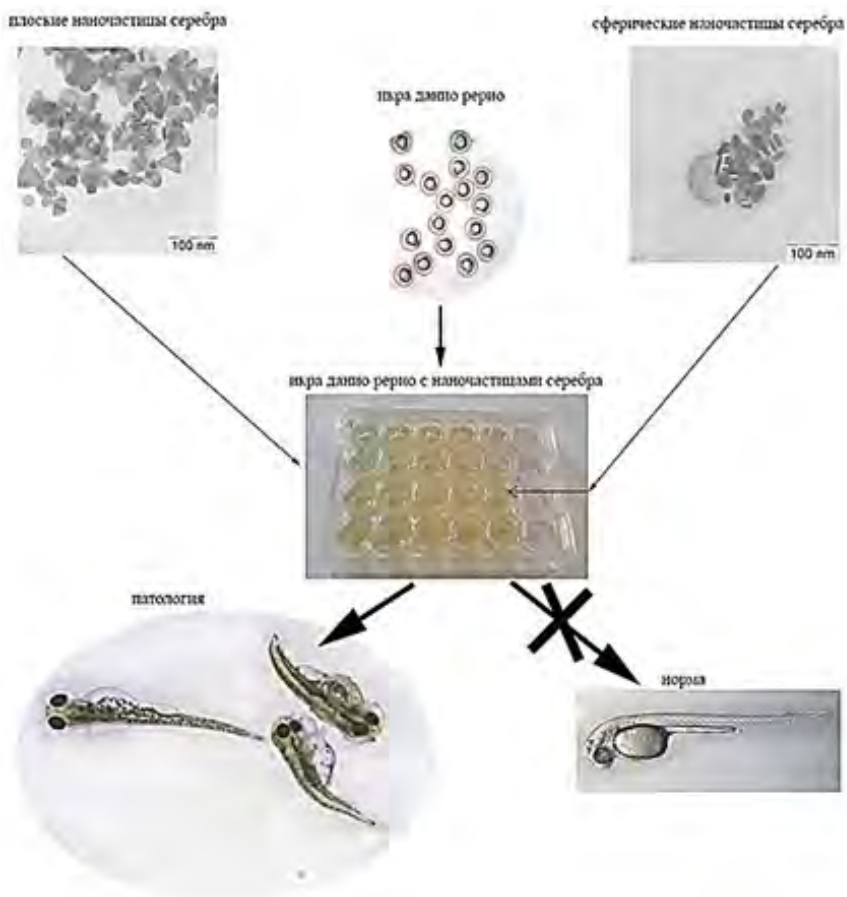


Рис. 81. Развитие эмбрионов рыб под воздействием наночастиц серебра в норме и патологии

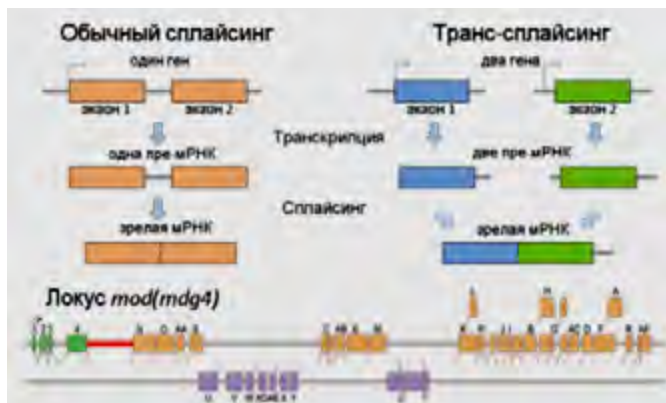


Рис. 82. Модельная система для сплайсинга

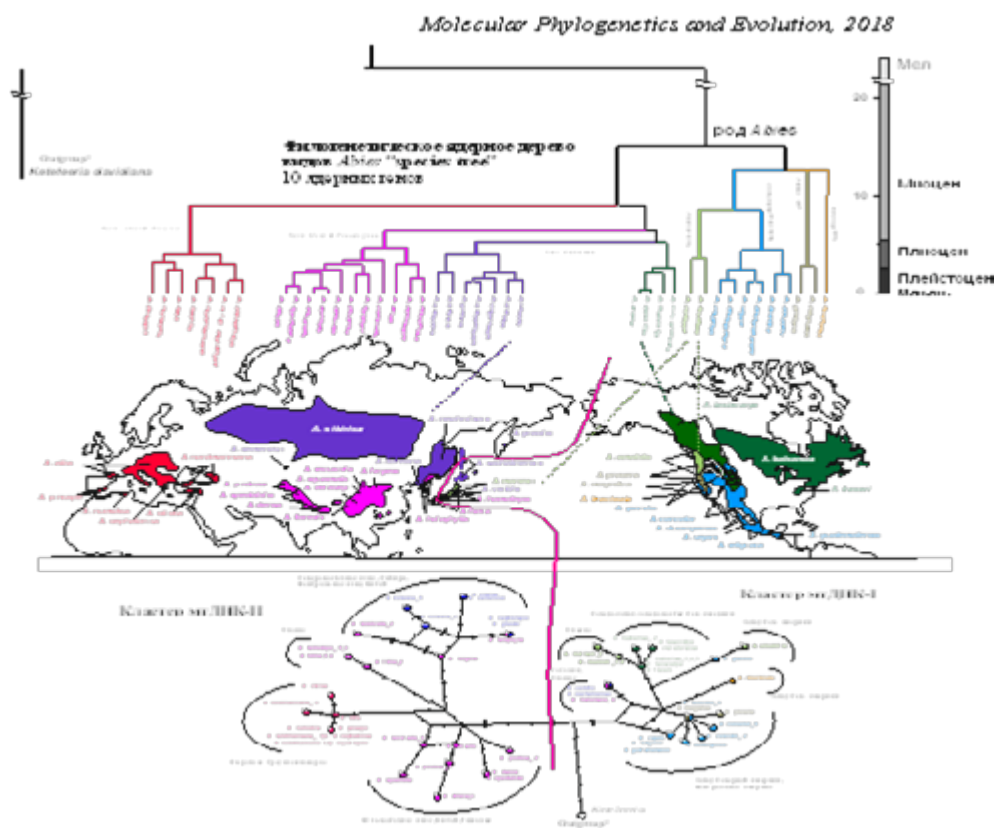


Рис. 83. Географическое распространение видов рода *Abies*. Дерево видов 'species tree' ядерной ДНК схематически отображено над картой. Разными цветами отмечены группы видов, соответствующие кладам 'species tree'. Оценки возраста клада приведены справа. Внизу показана филогенетическая сеть гаплотипов митохондриальной ДНК, красная линия обозначает распространение митотипов двух кластеров мтДНК

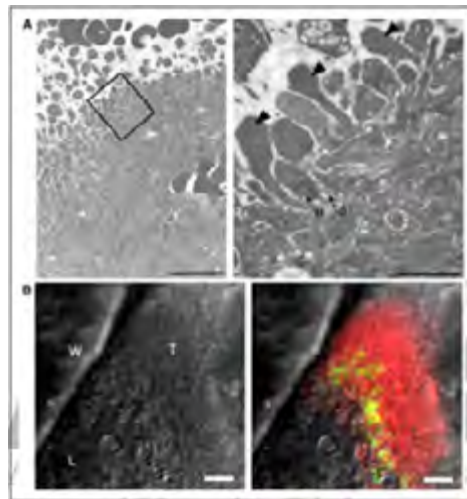


Рис. 84. Распределение прокоагулянтных тромбоцитов в тромбах у мышей

ДИСТАНТНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ГИПОКАМПА КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ ПОСТИНСУЛЬТНОЙ И ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОЙ ДЕМЕНЦИИ И ДЕПРЕССИИ

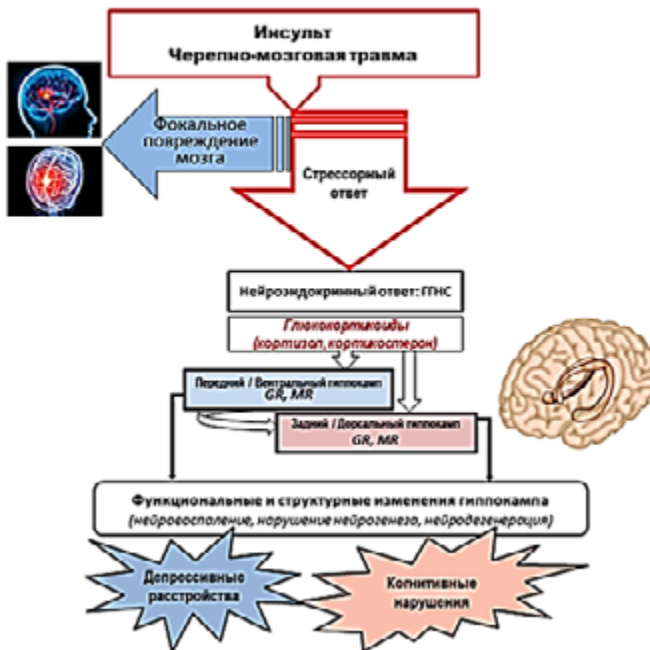


Рис. 85. Дистантные повреждения гиппокампа как основа развития постинсультной и посттравматической деменции и депрессии



Рис. 86. Модель синдрома “Holidayheart” (“Праздничное сердце”)

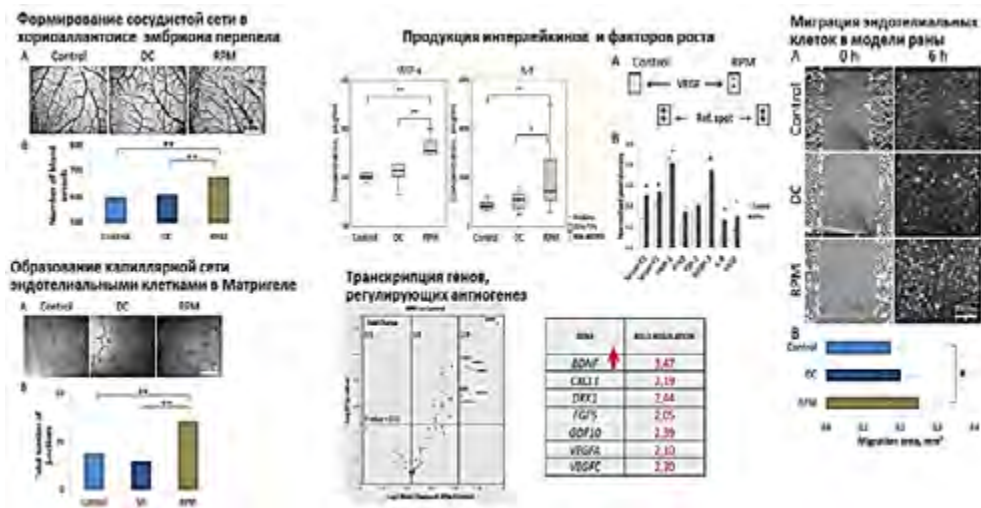


Рис. 87. Влияние мезенхимальных стромальных клеток на регуляцию ангиогенеза



Рис. 88. Передача нечеткого изображения на многоуровневую нейронную сеть

Применение эпигенетического регулятора бутирата натрия (БН) достоверно улучшило образование долговременной памяти у животных со слабой памятью, но ослабило хорошую память. Кратковременное изменение экспрессии генов под влиянием эпигенетических регуляторов может избирательно влиять на реактивированную память

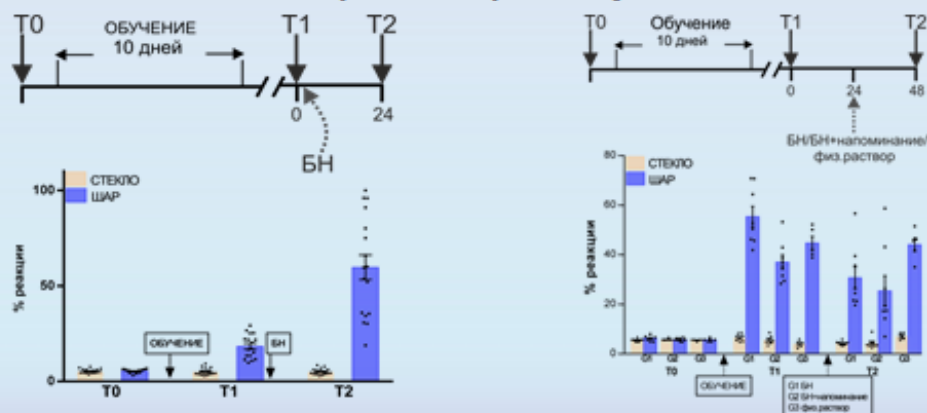


Рис. 89. Влияние регулятора бутирата натрия на память животных

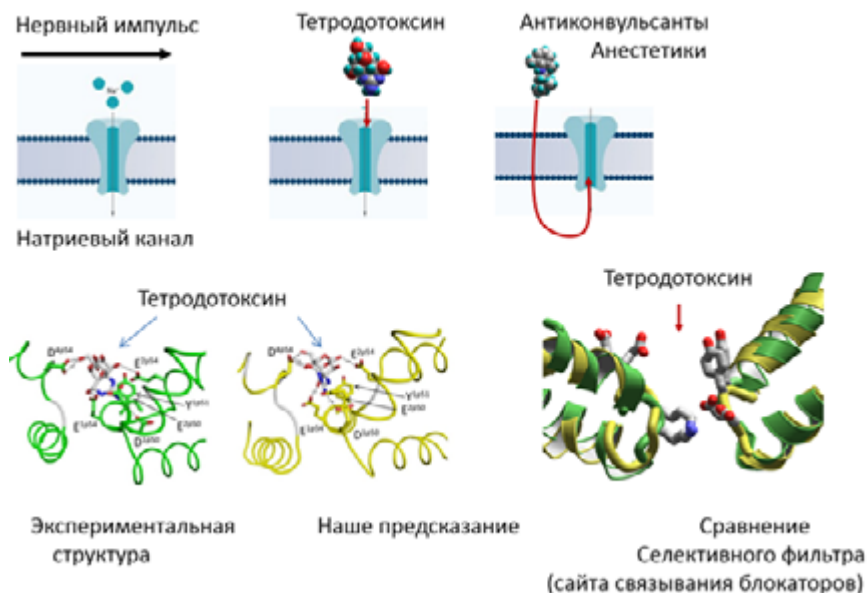


Рис. 90. Натриевые каналы в генерации и проведении нервных импульсов

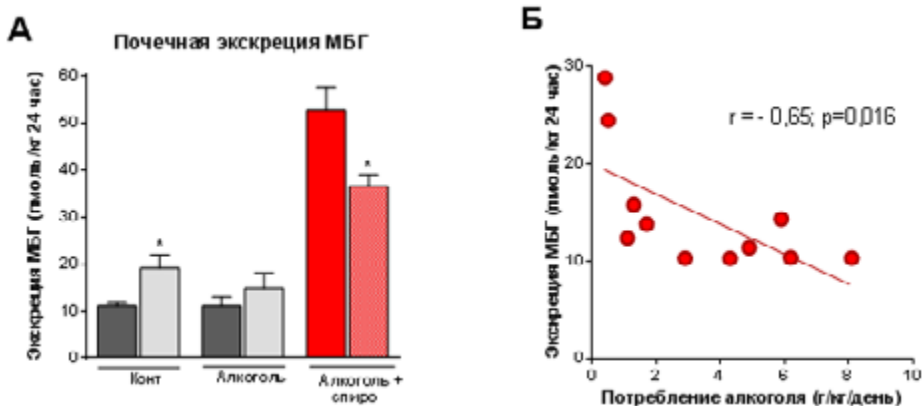


Рис. 91. (А) Экскреция маринобуфагенина до (Конт), через 8 недель приема этанола (Алкоголь) и после лечения спиронолактоном (Алкоголь+спиро). Мало пьющие (серые столбцы) и употребляющие много алкоголя (черные столбцы) крысы. $M \pm m$, * $p < 0,05$ парный критерий Стьюдента. (Б) Корреляция между употреблением этанола и экскрецией маринобуфагенина (МБГ)

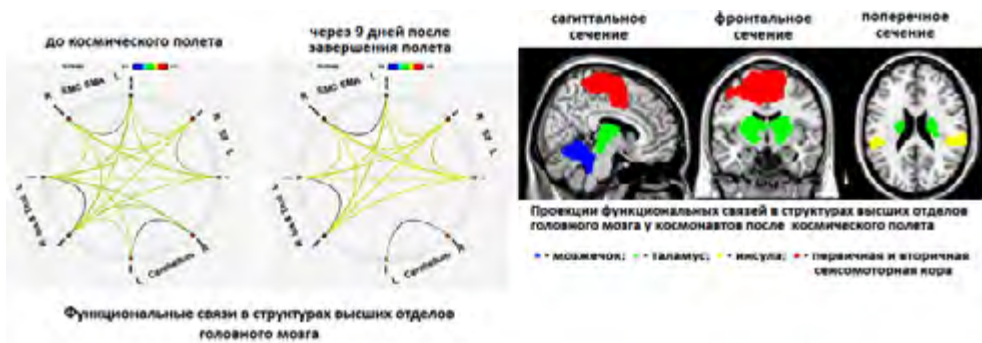


Рис. 92. Изменения функциональных связей между отделами головного мозга

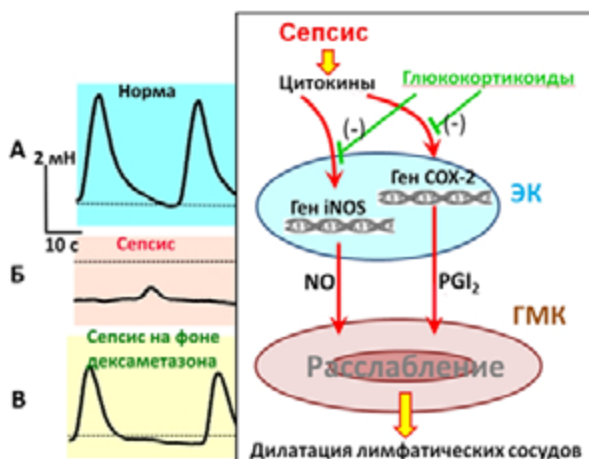


Рис. 93. Сократительная активность лимфатического сосуда: А – в контроле, Б – при сепсисе, В – при сепсисе на фоне лечения дексаметазоном. Справа – схема, иллюстрирующая механизм действия глюкокортикоидов при сепсисе: ЭК – эндотелиальная клетка, ГМК – гладкомышечная клетка

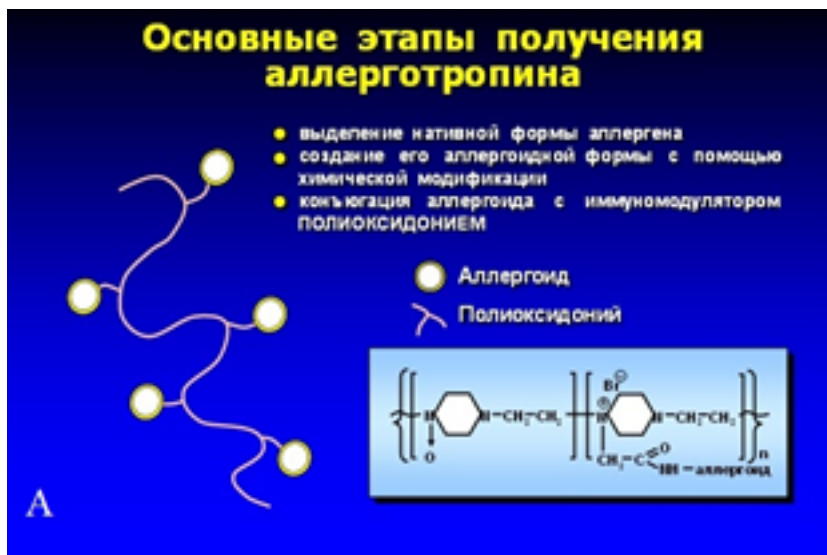


Рис. 94. А. Основные этапы получения аллерготропина. В. Кожная чувствительность пациентов к специфическому аллергену до и после аллерген-специфической иммунотерапии (АСИТ)



Рис. 95. Новый класс препаратов для специфического лечения пыльцевой аллергии



Рис. 96. Экспериментальные исследования на центрифуге короткого радиуса

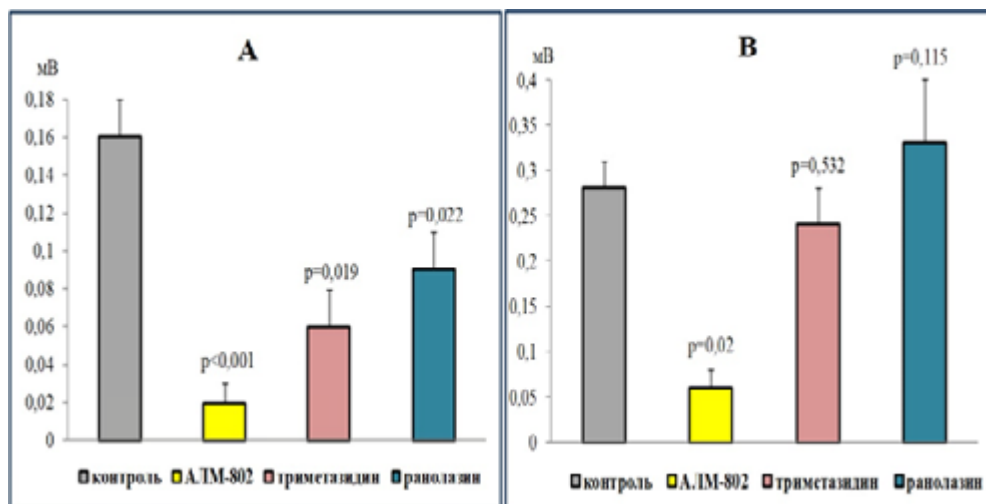


Рис. 97. Влияние соединения АЛИМ-802 (2 мг/кг, в/в), триметазидина (30 мг/кг, в/в) и ранолазина (10 мг/кг, в/в) на вызываемую изопротерином депрессию сегмента ST при моделировании субэндокардиальной ишемии у intactных крыс (А) и у крыс с эндотелиальной дисфункцией (Б)

Медицинские науки

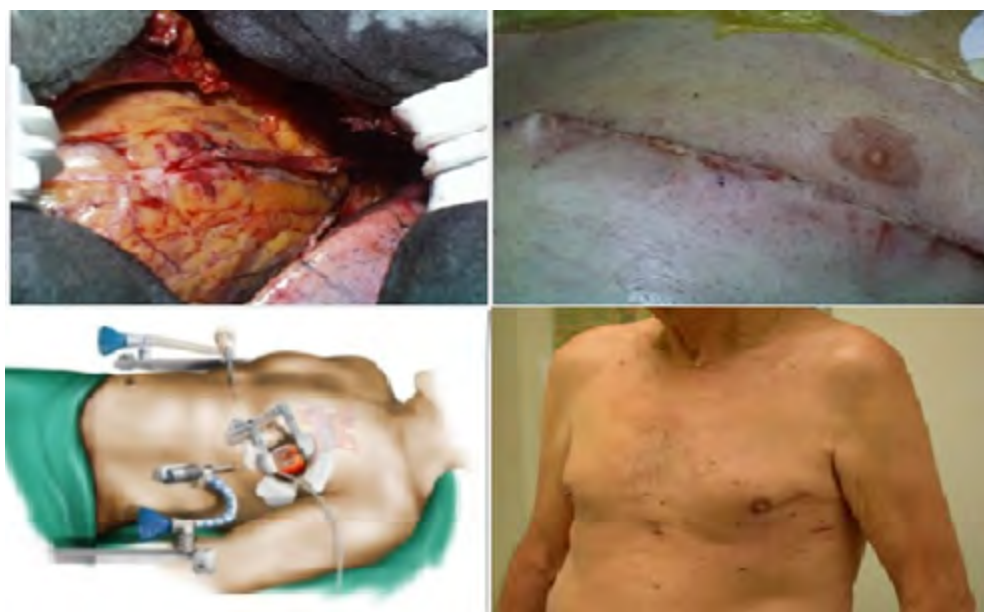


Рис. 98. Минимально инвазивное коронарное шунтирование без искусственного кровообращения

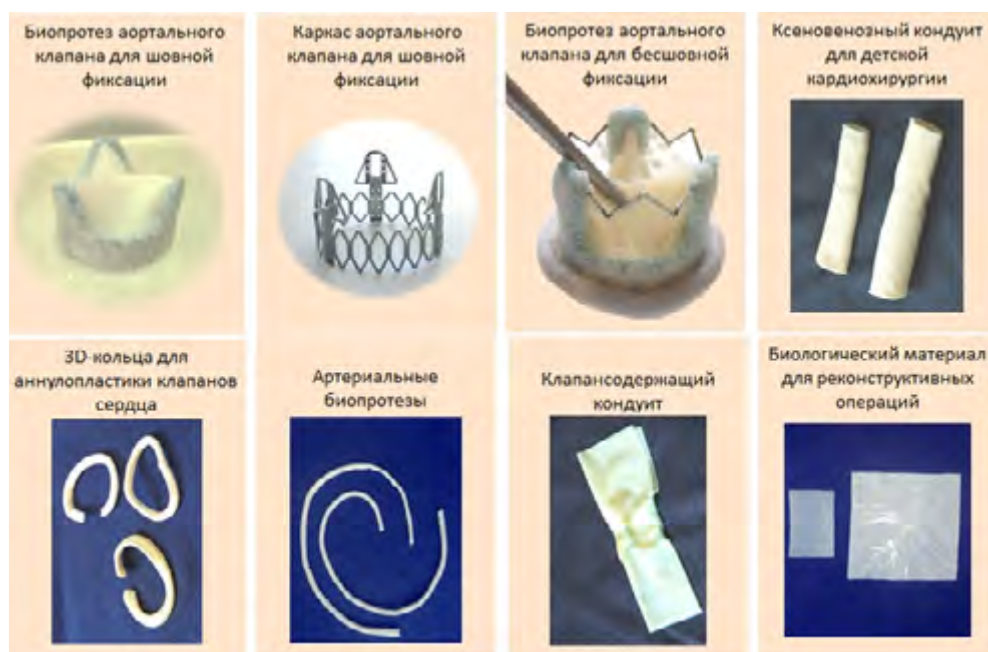


Рис. 99. Линейка новых имплантируемых устройств на основе биосовместимых материалов



Рис. 100. Инновационные лекарственные препараты для лечения основных сердечно-сосудистых заболеваний



Рис. 101. Одномоментное и комплексное устранение дефектов челюстей



Рис. 102. Комплекс для высокоточной радиотерапии онкологических «Прометеус»

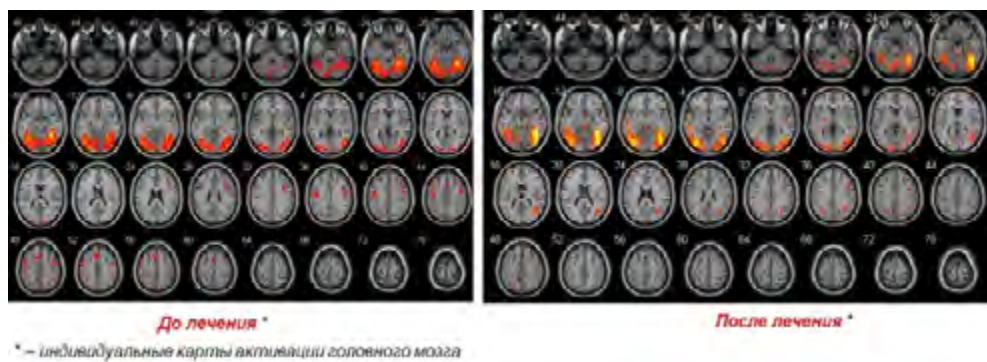


Рис. 103. Новая технология персонификации терапии мозга: фарм-фМРТ



Рис. 104. Система применения генно-инженерных биологических препаратов

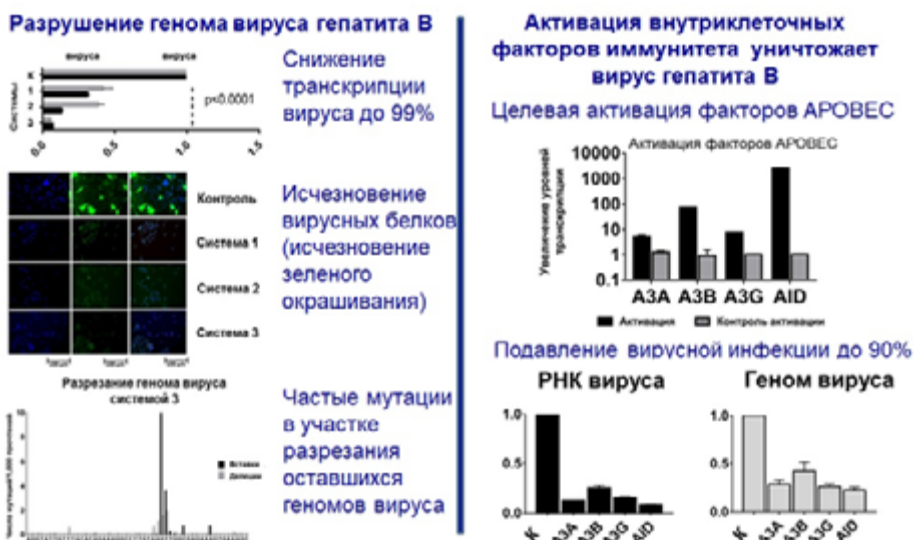


Рис. 105. Технологии полного излечения хронического гепатита В



Рис. 106. Метод секвенирования для выявления лекарственной устойчивости ВИЧ

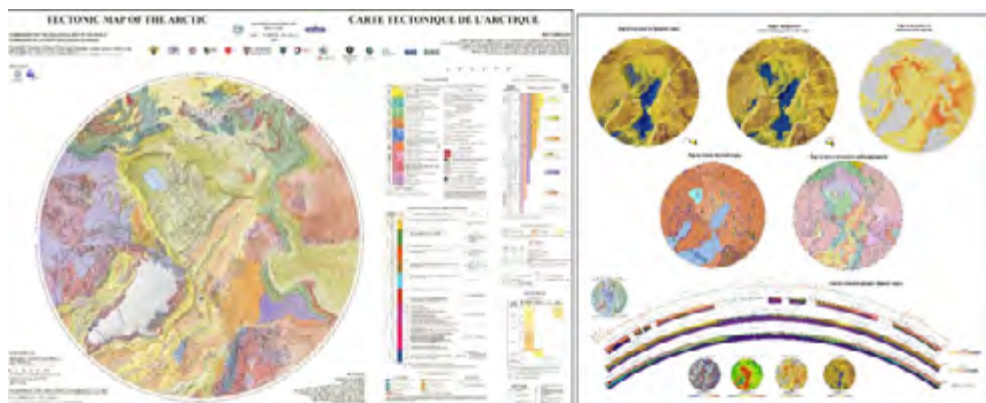


Рис. 107. Тектоническая карта Арктики и комплект зарамочного дополнения к ней (карты мощности Земной коры, консолидированной коры, осадочного чехла, схемы типов Земной коры и тектоническое районирование)

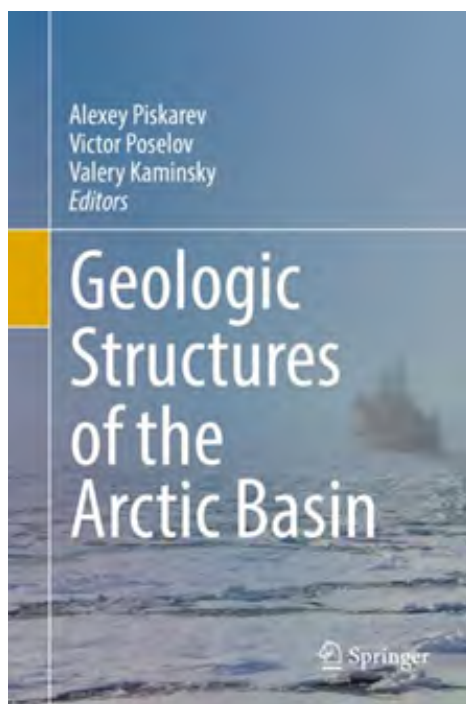


Рис. 108. Обложка монографии

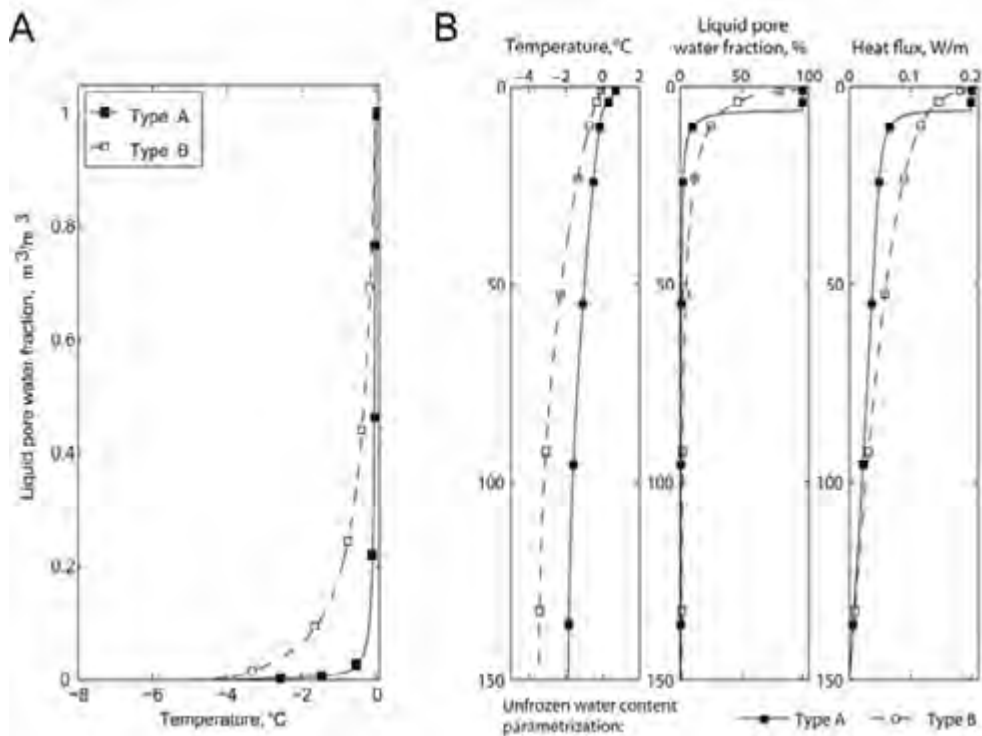


Рис. 110. А: две идеализированные кривые содержания незамерзшей воды для тонкодисперсных (штриховая линия) и грубодисперсных (сплошная линия) пород, использованные в модельном эксперименте, В: сравнение рассчитанных температуры, содержания незамерзшей воды и значений многолетнего потока в грунт после 300 лет устойчивого повышения поверхностной температуры (при начальной температуре в -5°C и постоянном многолетнем тепловом потоке в грунт $0,2 \text{ Вт/м}^2$). Рассчитанные кривые для грубодисперсных (Type A) и тонкодисперсных (Type B) пород изображены сплошными и штриховыми линиями соответственно

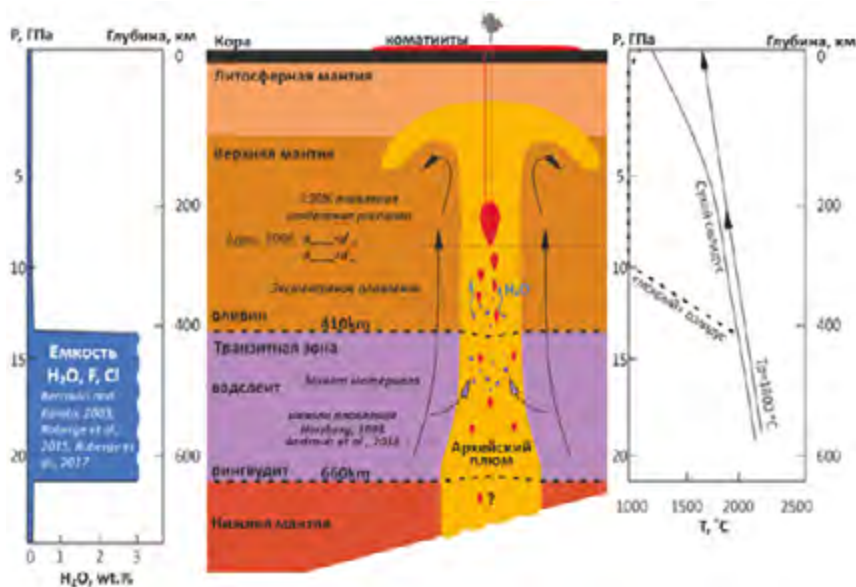


Рис. 111. Модель плюмового магматизма образования коматиитов. архейский плюм пересекает переходную зону мантии, содержащую повышенные концентрации структурной воды в высокобарных полиморфах оливина, также возможно фтор и хлор (Bercovici and Karato, 2003; Inoue, 1994; Roberge et al., 2015; Roberge et al., 2017) и захватывает летучие компоненты. При дальнейшем подъеме плюма происходит трансформация материала переходной зоны в низкобарическую форму оливина и высвобождение структурной воды, что понижает температуру солидуса мантийного перидотита, и способствует экстенсивному плавлению

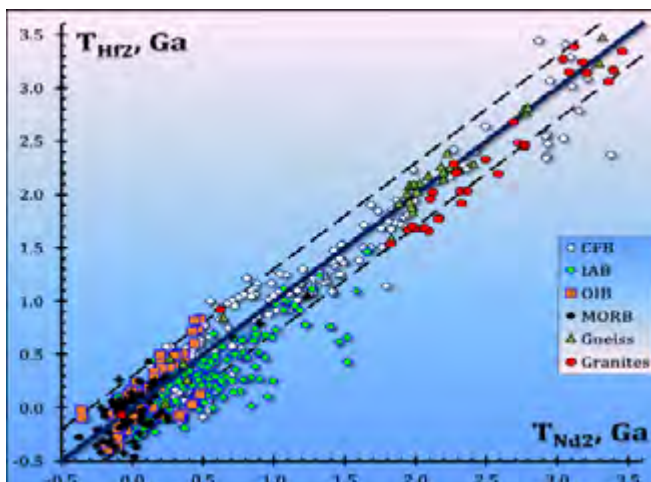


Рис. 112. Соотношение значений двустадийного модельного возраста в Sm-Nd и Lu-Hf изотопных системах в континентальных плато-базальтах (CFB), базальтах островных дуг (IAB), базальтах океанических островов и подводных гор (OIB), базальтах срединно-океанических хребтов (MORB), а также гнейсах и гранитах. Сплошная жирная линия показывает равные значения возраста в обеих изотопных системах, пунктир – $\pm 0,3$ млрд лет

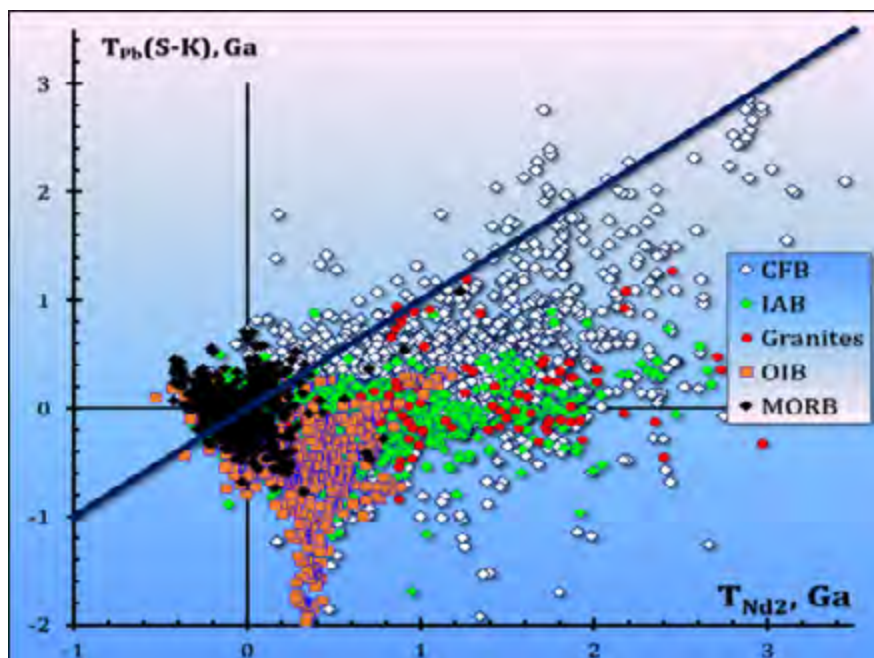


Рис. 113. Соотношение значений U-Pb модельного возраста по Стейси и Крамерсу (Stacey, Kramers, 1975) и двустадийного модельного возраста в Sm-Nd изотопной системе

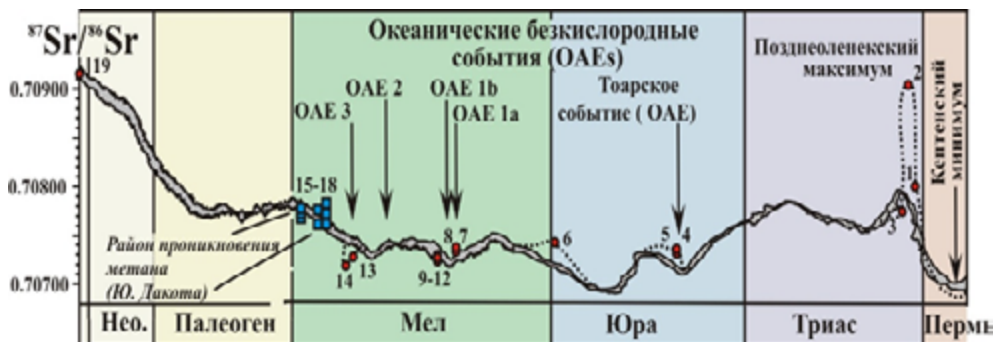


Рис. 114. Стронциево-изотопная кривая морской воды позднего фанерозоя (по McArthur et al., 2012, с изменениями, показанными пунктиром). Исследованные арагонитовые раковины аммонитов: 1 – Hedenstroemia (нижний оленек), 2 – Boreomeekoceras (верхний оленек), 3 – Arctohungarites (средний анизий), 4 – Hildaites (нижний тоар), 5 – Harpoceras (нижний тоар), 6 – Kachpurites (верхний титон), 7–8 – Deshayesites (нижний апт), 9 – Desmoceras (нижний апт), 10 – Cleoniceras (нижний альб), 11 – Douvilleiceras (нижний альб), 12 – Eotetragonites (нижний альб), 13 – Pseudoschloenbachia (верхний сантон), 14 – Submorticeras (нижний кампан), 15–18 – Baculites др. (кампан-маастрихт; Cochran et al., 2003), 19 – современный Nautilus

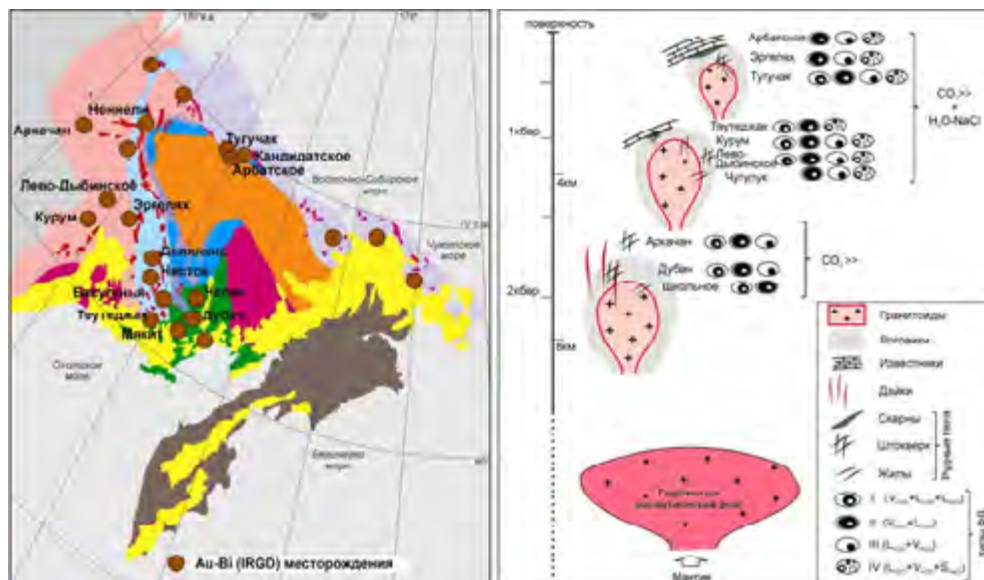


Рис. 115. Размещение Au-Bi месторождений Северо-Востока России и схематическая модель, демонстрирующая зависимость состава рудообразующего флюида от глубины формирования месторождений

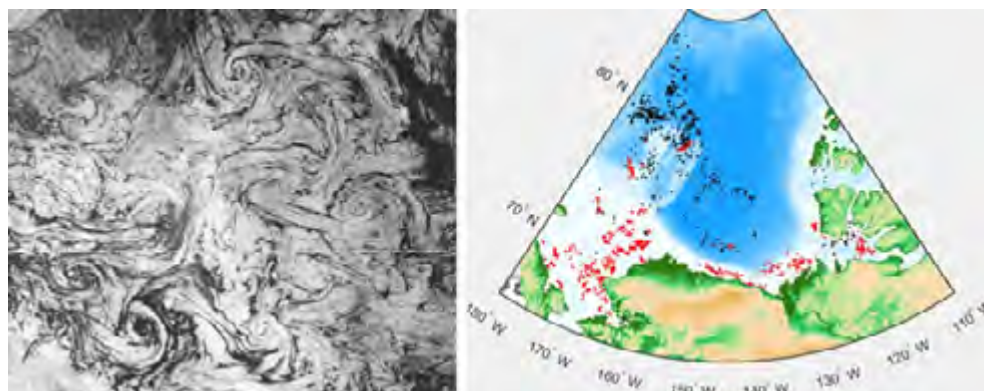


Рис. 116. Пример проявления вихревых структур в спутниковых радиолокационных изображениях морской поверхности (слева) и карта пространственного распределения вихревых структур в морях Чукотском и Бофорта, выделенных на основе анализа спутниковых данных за летний период 2007 г. Черным цветом отмечены вихри в прикромочной зоне льда, красным – на свободных от льда участках акватории

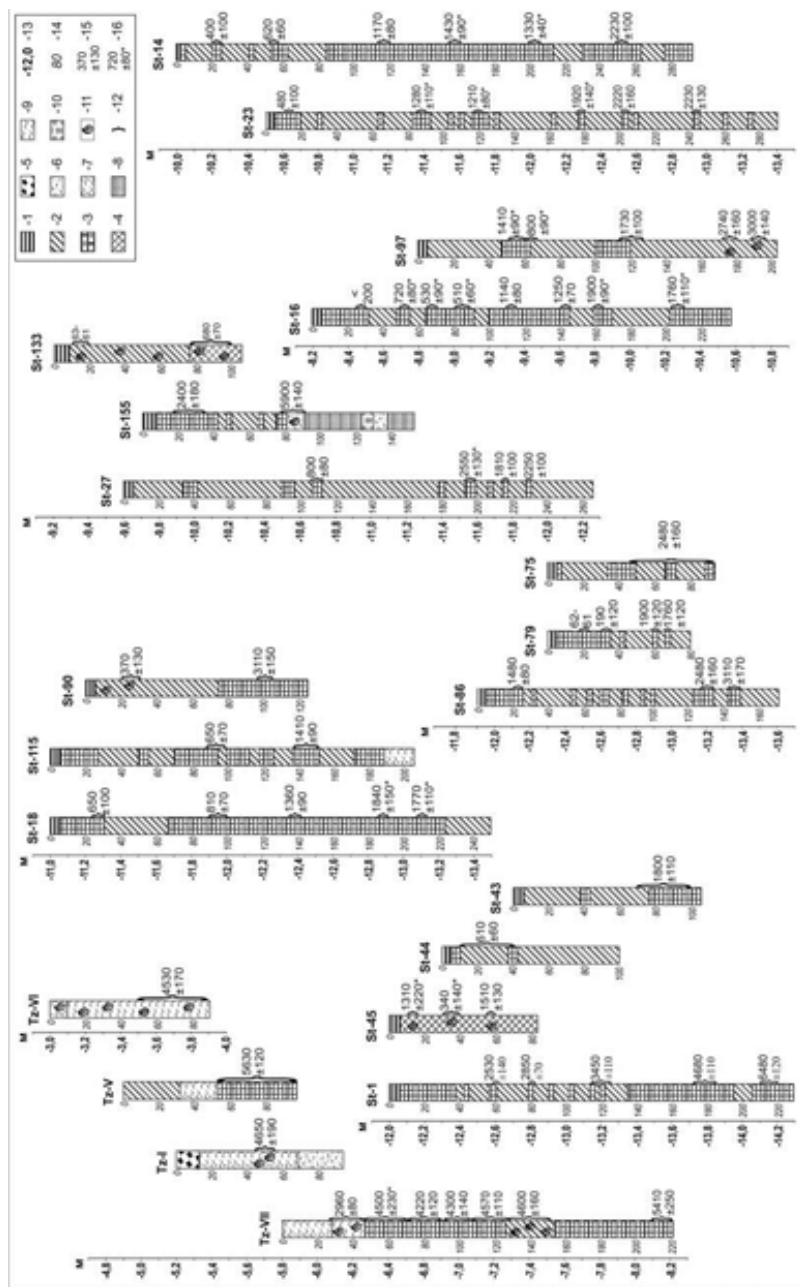


Рис. 117. Колонки донных отложений Азовского моря (литология, мощность, радиоуглеродный возраст)

Обозначения: 1 – обводненный глинистый ил, 2 – глинистый ил, 3 – заиленная ракушка, 4 – сильноозвештоватый глинистый ил, 5 – осадок смешанного типа (песчано-алевритово-илистый), 6 – песок мелко-среднезернистый заиленный, 7 – песчаный алевритово-глинистый ил, 8 – песчано-глинистый мелкоалевритовый ил, 9 – алевритово-глинистый ил, 10 – алеврит песчаный, 11 – раковины моллюсков, 12 – интервал отбора проб с возрастной датировкой, 13 – глубина залегания от уровня моря, 14 – мощность колонки, 15 – календарный возраст, 16 – инверсия возраста

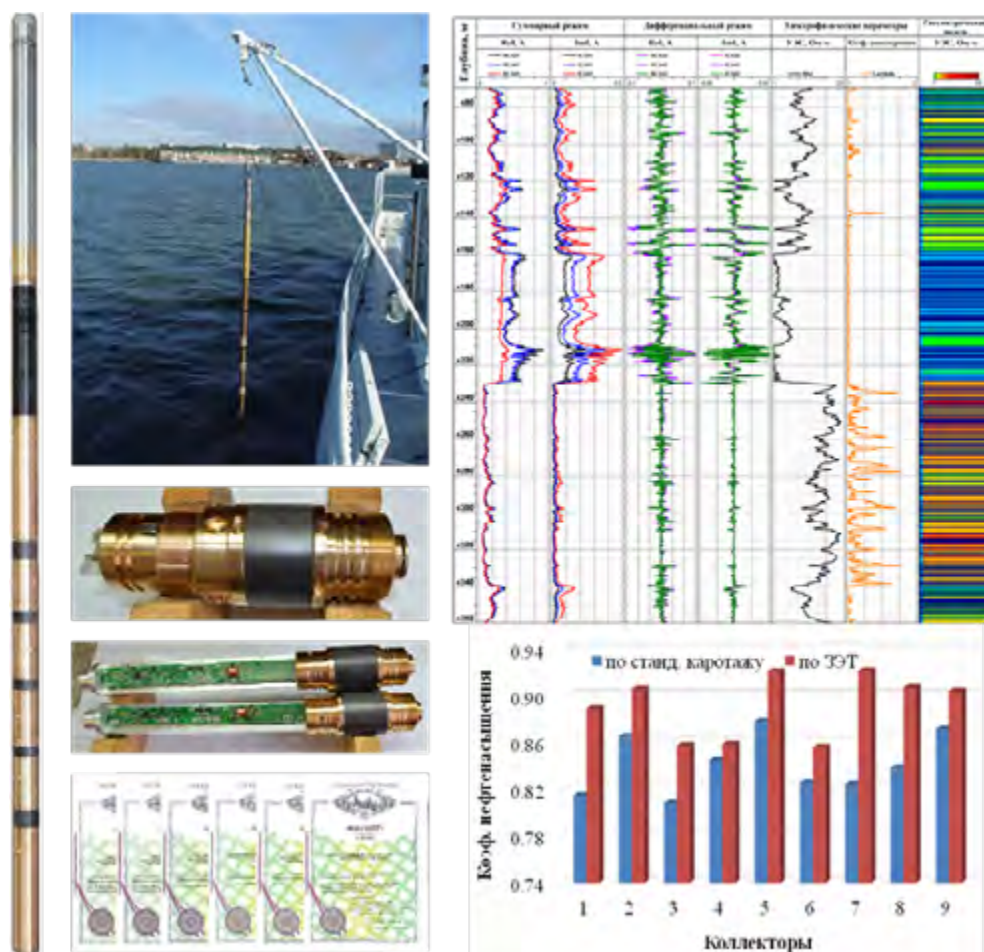


Рис. 118. Скважинный образец электромагнитного зонда ЗЭТ; тестирование лабораторного макета ЗЭТ в водоеме; унифицированные узлы приемных и генераторных тороидальных антенн; патенты РФ; диаграммы ЗЭТ и их интерпретация (опытно-промышленные испытания); коэффициенты нефтенасыщения по стандартному каротажу и ЗЭТ для тонкослоистых коллекторов (увеличение нефтенасыщения до 10% по ЗЭТ)

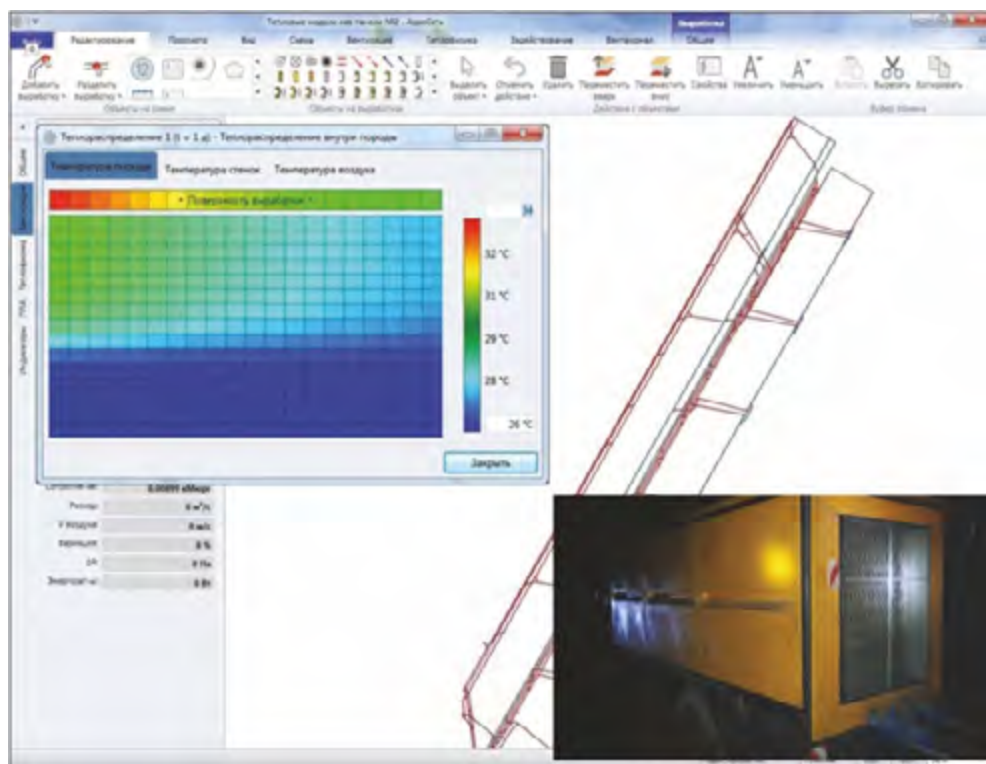


Рис. 119. Математическая модель расчета микроклиматических параметров воздуха в горных выработках глубоких рудников



Рис. 120. Пример восстановления поверхностных морских течений по спутниковым снимкам с использованием новой методики в районе впадения реки Мзымта в Черное море в прибрежной зоне города Сочи (а). Спутниковый снимок, иллюстрирующие распространение внутренних волн в результате впадения реки Мзымта в Черное море в прибрежной зоне города Сочи (б)

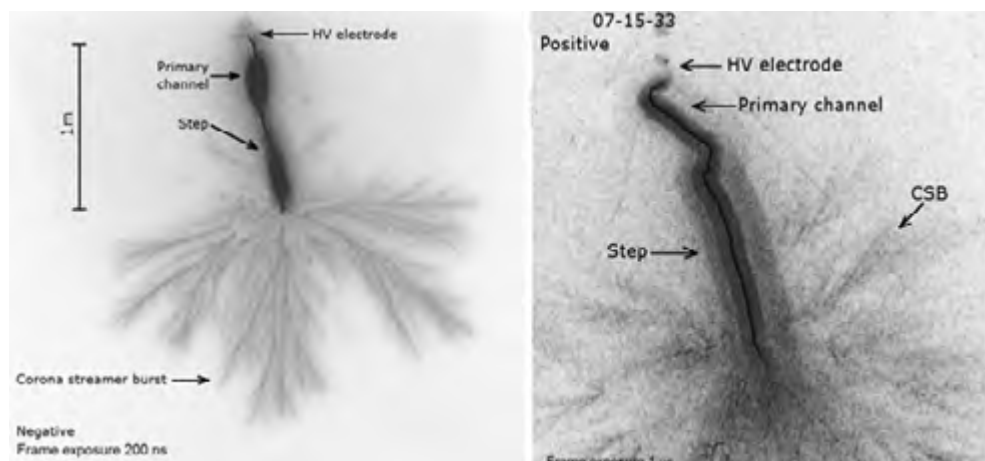


Рис. 121. Изображения стримерных вспышек скачков отрицательного (слева) и положительно-го (справа) лидеров длинной искры

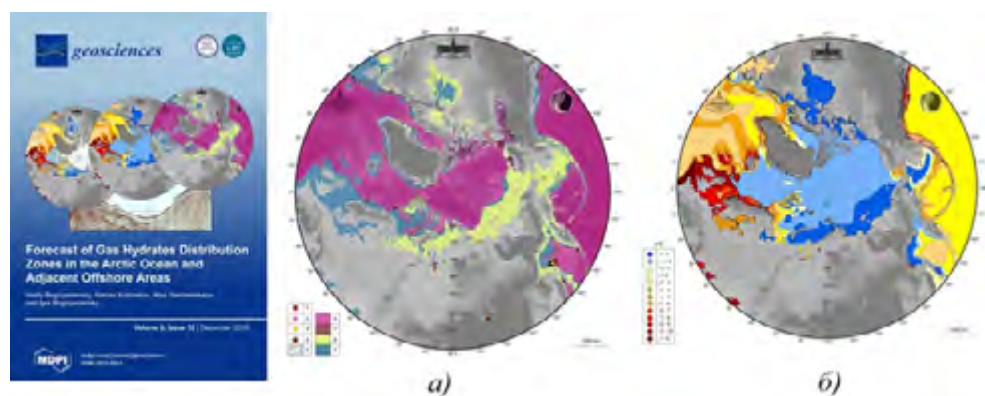


Рис. 122. Циркумарктический регион: картографические схемы распределения температур воды вблизи дна (а) и прогноза зон распространения газогидратов (б)

Общественные науки



Рис. 123. Основные монографии институтов Отделения общественных наук РАН



Рис. 124. Маршруты Нового «Шелкового пути», использованные в экспериментах

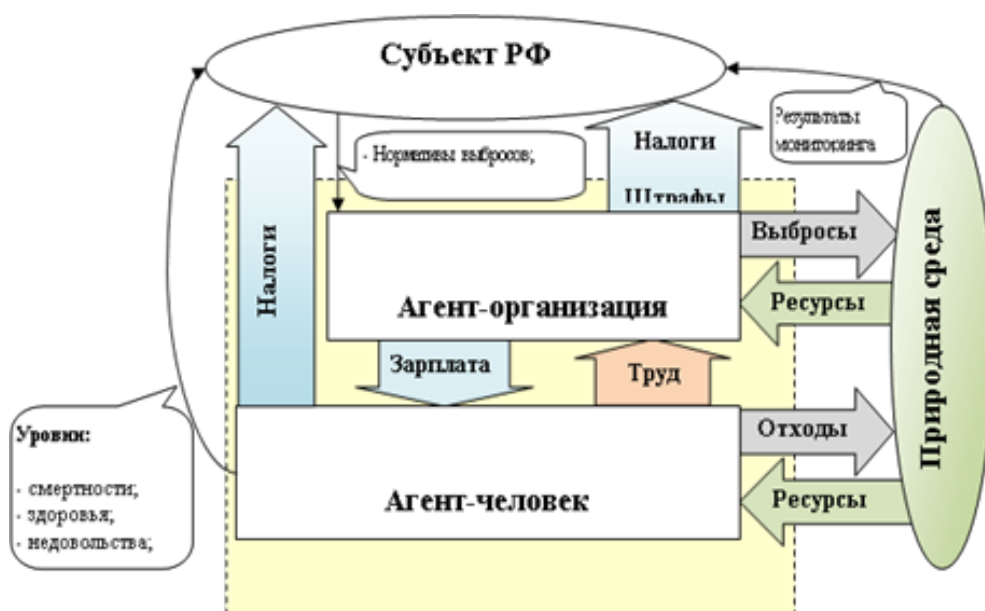


Рис. 125. Схема взаимного влияния агентов и их окружения в социо-эколого-экономической агент-ориентированные модели региона



Рис. 126. Сравнение структуры денежных потоков проекта «Ямал-СПГ» и норвежского проекта Snohvit на шельфе Баренцева моря



Рис. 127. Соотношения между различными геометриями

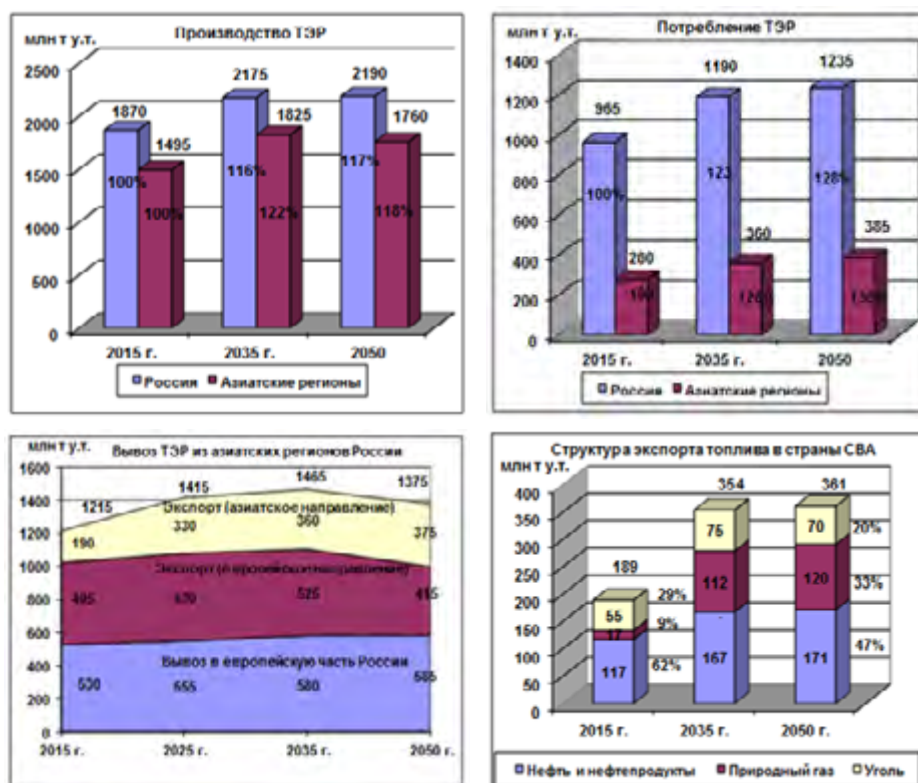


Рис. 128. Прогноз развития ТЭК азиатских регионов России в первой половине 21 века (целевой сценарий)



Рис. 129. Основные публикации институтов Отделения глобальных проблем и международных отношений РАН

Историко-филологические науки



Рис. 130. Основные монографии Отделение историко-филологических наук РАН

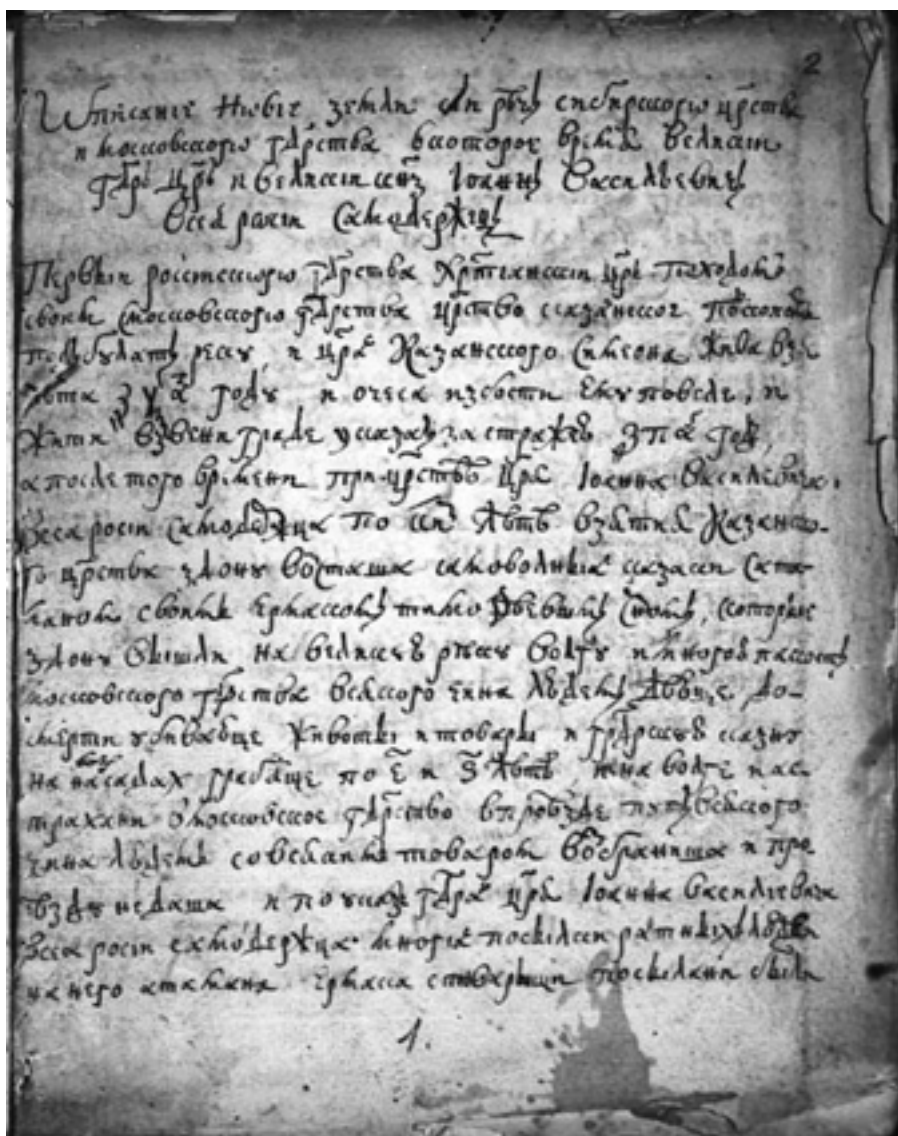


Рис. 131. Один из списков «Описания Сибири» русской редакции отдела рукописей Российской национальной библиотеки, Санкт-Петербург, ОЛДП. Q.64 (ГПНТБ СО РАН)



Рис. 132. Древнейшие в Евразии украшения и орудия из кости (возраст 50-26 тыс. л.н.) из пещер Денисова и Страшная в Горном Алтае (ИАЭТ СО РАН)



Рис. 133. Общий вид некрополя Фронтвое 3 (ИА РАН)



Рис. 134. Находки из некрополя Фронтвое 3 (ИА РАН)

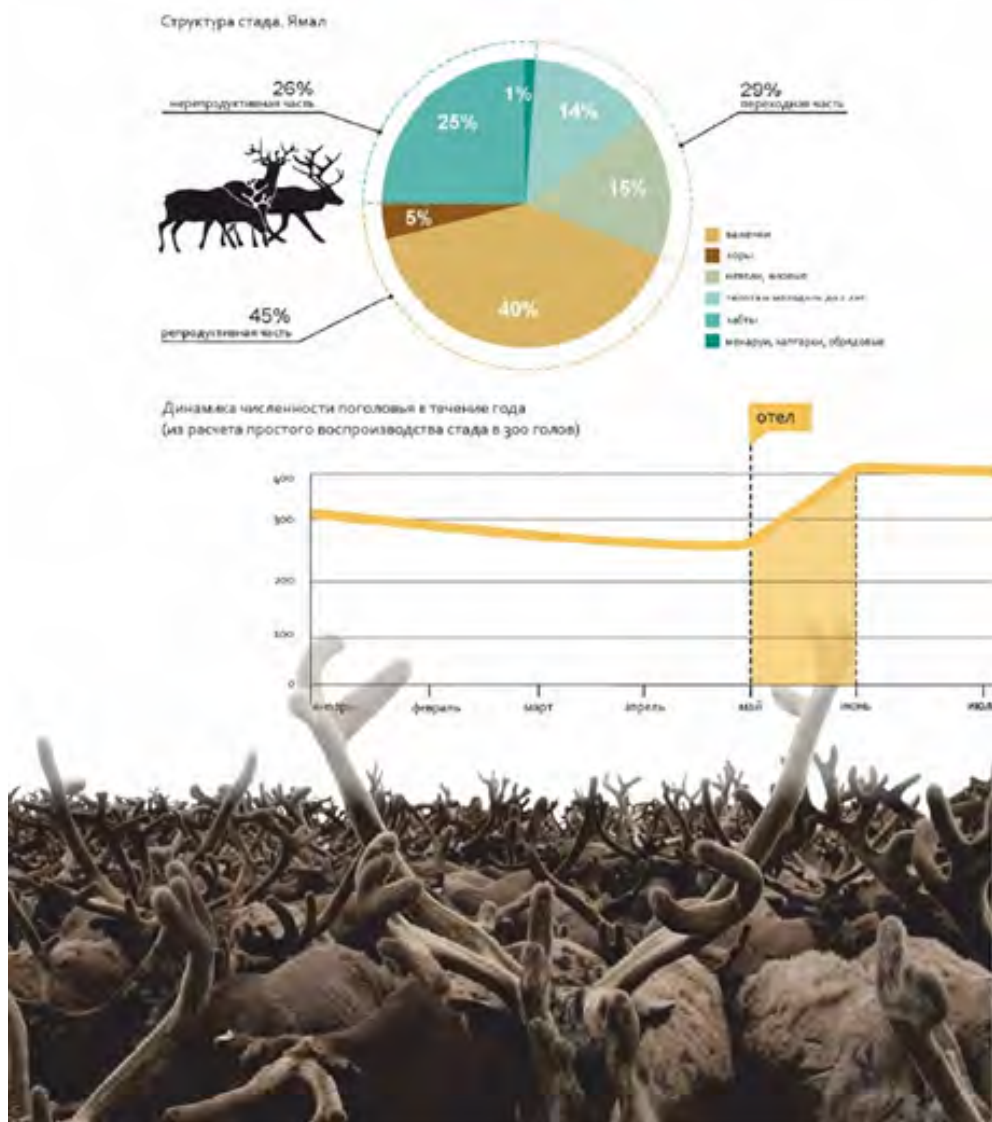


Рис. 135. Структура оленьего стада, Ямал (МАЭ РАН)

Сельскохозяйственные науки



Рис. 136. Сор­т пше­ни­цы мяг­кой дву­руч­ки Ка­ра­ван



Рис. 137. Ги­брид огу­р­ца Сап­сан



Рис. 138. Сортом томата Осенняя рапсодия



Рис. 139. Гибрид перца сладкого Селигер



Рис. 140. Сорт яблони Орфей



Рис. 141. Сорт винограда Алькор

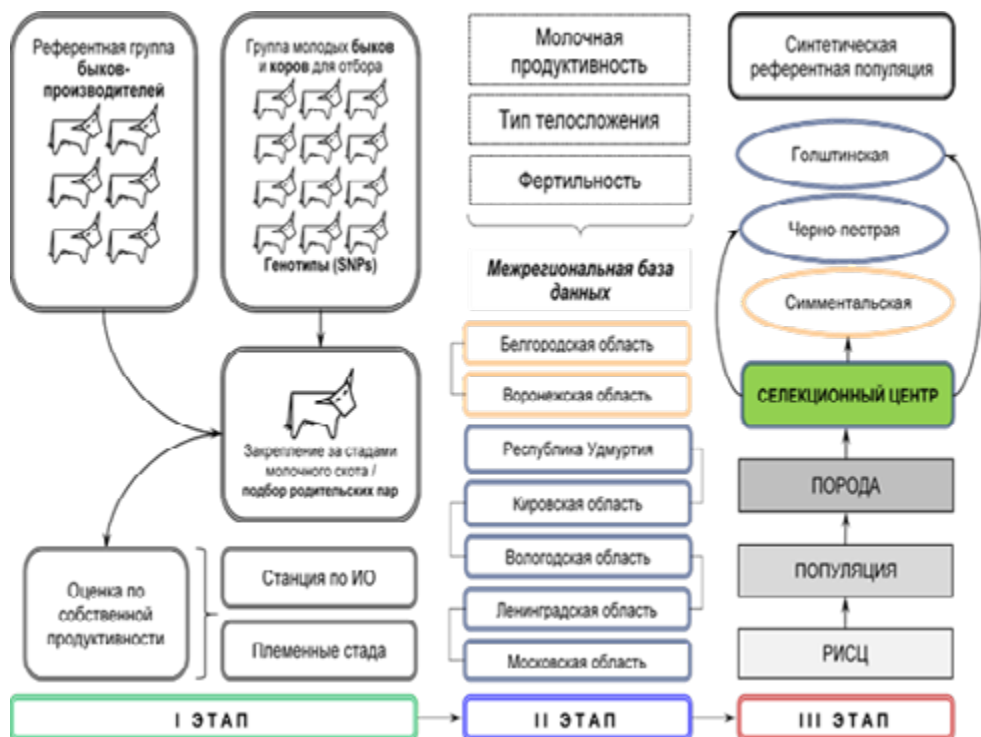


Рис.142. Система селекции молочного скота



Рис. 143. Порода пятнистых оленей Алтае-уссурийская



Рис. 144. Порода перепелов «Радонежские»



Рис. 145. Технология и установка для получения воды из атмосферного воздушного потока



Рис. 146. Ассортимент хлебобулочных изделий с пониженной аллергенностью

Важнейшие научные достижения в области архитектуры и строительных наук



Рис. 147. Внешние и внутренние виды здания Филармонии в парке «Зарядье» (Москва)



Рис. 150. Монографии ЦНИИП Минстроя России

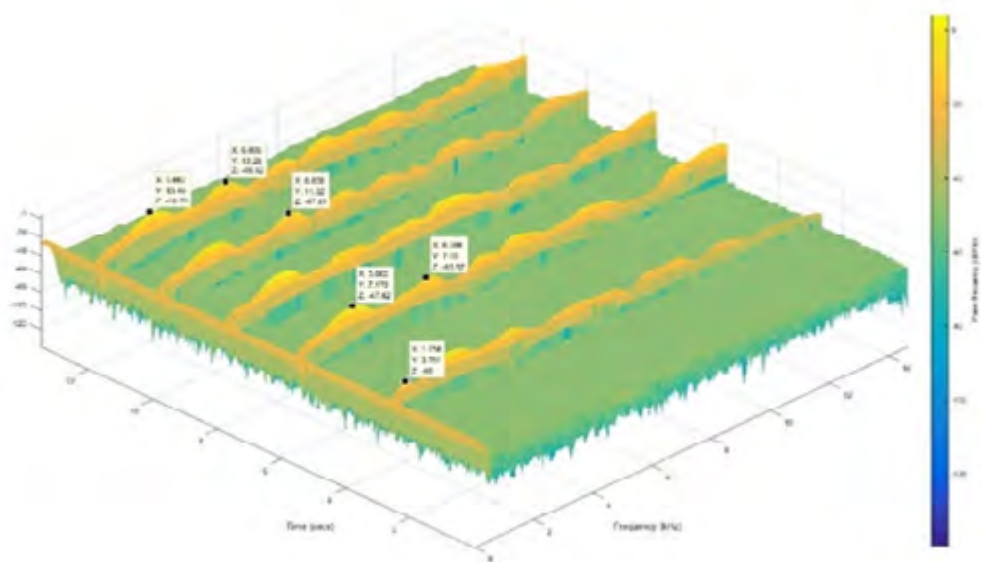


Рис. 151. Спектрограмма колебаний поверхности грунта при прохождении поездов метрополитена

Важнейшие научные достижения в области образования

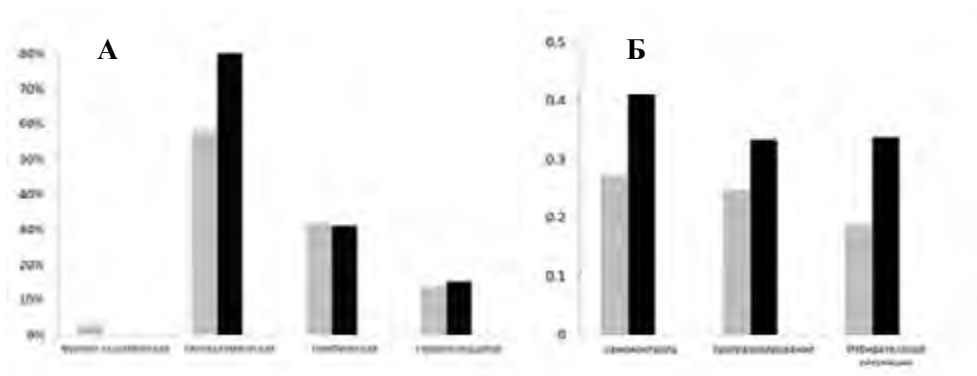


Рис. 152. А. Распределение частоты встречаемости ЭЭГ-паттернов глубинного происхождения у подростков 13–14 лет (серые столбик) и 15–16 лет (черные столбики).
Б. Интегральные нейропсихологические показатели выраженности трудностей произвольной регуляции деятельности у подростков 13–14 лет (серые столбик) и 15–16 лет (черные столбики)

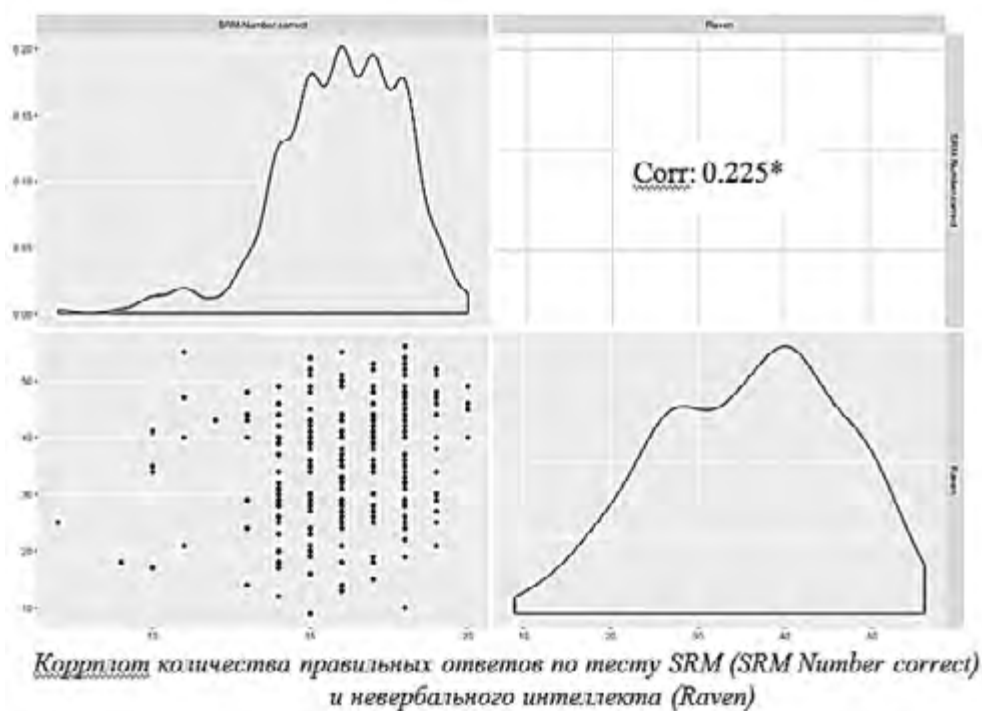


Рис. 153. Взаимосвязи показателей зрительно-пространственной памяти и невербального интеллекта

Издатель – Российская академия наук

Верстка и печать – УНИД РАН

Отпечатано в экспериментальной цифровой типографии РАН

Распространяется бесплатно

Тираж 50 экз.