



Российская Академия Наук

ДОКЛАД
о важнейших научных достижениях
российских ученых
в 2016 году

МОСКВА
2017

УДК 001

ББК 72

Д63

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Фундаментальная наука как базовый институт стратегического развития Российской Федерации	4
Финансовое обеспечение фундаментальных научных исследований	5
СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛЕЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ И ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ	8
Математические науки	8
Физические науки	18
Нанотехнологии и информационные технологии	36
Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления	53
Химия и науки о материалах	65
Биологические науки	75
Физиологические науки	81
Медицинские науки	86
Науки о Земле	96
Общественные науки	134
Глобальные проблемы и международные отношения	144
Историко-филологические науки	152
Сельскохозяйственные науки	160
ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК	174
ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ	193
ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОГО ИСКУССТВА	213
ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ В ВУЗОВСКОМ СЕКТОРЕ НАУКИ	225
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ НАУЧНЫХ ЦЕНТРАХ И КОРПОРАЦИЯХ	259
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	287
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ	287
РИСУНКИ И ИЛЛЮСТРАЦИИ	299

ВВЕДЕНИЕ

Фундаментальная наука как базовый институт стратегического развития Российской Федерации

Фундаментальная наука является важнейшим конкурентным преимуществом России. Главной задачей государственной научно-технической политики является развитие российской фундаментальной науки, ее вовлечение в решение стратегических задач развития страны.

Фундаментальные исследования в России проводятся в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2013–2020 г.), утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.12.2012 г. № 2538-р (далее – долгосрочная Программа). Организация ее выполнения находится в зоне ответственности Минобрнауки России. Помимо академического сектора фундаментальной науки данная Программа включает фундаментальные исследования, выполняемые образовательными организациями высшего образования и Исследовательскими центрами, а также исследования, поддерживаемые государственными научными фондами.

Однако система управления и координации исследований, проводимых в рамках долгосрочной Программы, на настоящее время не отлажена. Так, например, в 2016 г., как следует из материалов, представленных Минобрнауки России по запросу РАН, а также материалов официального сайта Минобрнауки России, координационный совет указанной Программы работу по координации фундаментальных научных исследований в Российской Федерации не осуществлял, ни одного заседания Совета не было проведено.

Основной объем фундаментальных научных исследований выполняется в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 03.12.2012 г. № 2237-р (далее – Программа ГАН).

Управляет Программой Координационный совет, в состав которого в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 апреля 2013 г. № 582-р входят руководители государственных академий наук, а также представители федеральных органов государственной власти, отраслевой науки, ведущих университетов, наукоемких госкорпораций. В 2016 г. на заседании координационного Совета Программы ГАН были рассмотрены итоги реализации Программы в 2015 г. и определены первоочередные задачи государственных академий наук с учетом реализации Федерального закона от 27.09.2013 г. № 253-ФЗ «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук...».

За время реализации Программы ГАН (начиная с 2008 г.) в Российской академии наук и других государственных академиях наук сформирован уникальный массив данных по результатам фундаментальных научных исследований в Российской Федерации.

Президентом Российской Федерации В.В. Путиным дано указание сохранить действующую систему управления Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на весь период ее реализации до 2020 года.

Однако следует отметить, что в 2016 г. в результате перехода многих членов координационного совета на должности, не связанные с организацией, планированием и выполнением фундаментальных исследований, в рамках настоящей Программы возникла

объективная ситуация с обеспечением правомочности созыва координационного совета и принятия им Решений. В целях обновления состава координационного совета Программы проводится работа по сбору предложений от участников Программы по уточнению персонального состава и подготовки проекта соответствующего правового акта Правительства Российской Федерации.

Наряду с этим, начиная с 2017 г., необходимо принять меры по развертыванию фундаментально ориентируемых исследований по направлениям реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642.

При этом особая роль отводится фундаментальной науке:

«21. Необходимо обеспечить готовность страны к большим вызовам, еще не проявившимся и не получившим широкого общественного признания, предусмотреть своевременную оценку рисков, обусловленных научно-технологическим развитием. Ключевую роль в этом должна сыграть российская фундаментальная наука, обеспечивающая получение новых знаний и опирающаяся на собственную логику. Поддержка фундаментальной науки как системообразующего института долгосрочного развития нации является первоочередной задачей государства.»

Таким образом, на высшем государственном уровне фундаментальная наука признана самостоятельным приоритетом, а ответственность за ее развитие берет на себя государство. Поэтому на следующем этапе должна быть восстановлена целостная система организации фундаментальных научных исследований в Российской Федерации, что является важнейшим условием социально-экономического и научно-технологического развития страны, обеспечения национальной безопасности.

Следует особо отметить, что выделение приоритетных направлений ориентированных фундаментальных научных исследований не должно привести к сужению спектра поисковых исследований и к сокращению финансирования этих работ, иначе может возникнуть ситуация, при которой ориентированные исследования, с высокой степенью вероятности, будут выполняться при существенных ограничениях исходных данных.

В соответствии с п. «г» ст. 14 Федерального Закона от 27.09.2013 г. № 253-ФЗ «О Российской академии наук...» в РАН подготовлены предложения «о приоритетных направлениях развития фундаментальных наук, а также о направлениях поисковых научных исследований». Данные предложения предназначены для использования при разработке Программы фундаментальных научных исследований как базовой научной части Программы научно-технологического развития Российской Федерации.

Финансовое обеспечение фундаментальных научных исследований

Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 599 была поставлена задача увеличения к 2015 г. затрат на исследования и разработки до 1,77% ВВП. В Российской Федерации расходы на проведение исследований и разработок составляют 1,13% ВВП. В ведущих странах доля науки в структуре ВВП составляет: КНР – 2,05%; США – 2,74%; Япония – 3,59%.

Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации предусматривается, что к 2035 г. расходы на науку составят не менее 2% ВВП.

Оценки изменения финансирования науки с 2011 г. показывают следующее. Из Федерального бюджета для РАН по Программе фундаментальных исследований государственных академий наук на 2008–2012 гг. в 2011 г. было выделено 50 994 млн рублей, для

академии медицинских наук 4 956 млн рублей, для академии сельскохозяйственных наук 6 599 млн рублей. Итого на три академии в 2011 г. было выделено 62 549 млн рублей.

Таким образом, рост финансирования фундаментальных исследований за 2011–2016 гг. шел темпом роста 6% годовых, что не покрывало инфляции за эти годы, которая составила в среднем 7,2% годовых.

Если учесть, что за эти годы курс доллара вырос двукратно, то можно констатировать резкое сокращение финансирования фундаментальных исследований за 2011–2016 гг., так как целый ряд приборов для фундаментальных исследований закупается за иностранную валюту.

По итогам заседания Совета при Президенте РФ по науке и образованию, состоявшегося 24 июня 2015 г., Правительству Российской Федерации поручено обеспечить при формировании проектов федерального бюджета на 2016 год и последующие годы объем бюджетных ассигнований на проведение фундаментальных научных исследований в процентном отношении к валовому внутреннему продукту на уровне 2015 г. В 2015 г. ВВП России составил 81 287,2 млрд руб., а на фундаментальные исследования из бюджета было потрачено 120,0 млрд руб., что составляет 0,147%. Таким образом, общий ежегодный объем бюджетных ассигнований на фундаментальную науку должен составлять около 0,15% ВВП.

В 2016 г. ВВП России составил по предварительным оценкам 82 762,0 млрд руб., а на фундаментальные исследования из бюджета выделено 104,9 млрд руб., что составляет 0,126%. Таким образом, положение о фиксации ежегодного объема бюджетных ассигнований на фундаментальную науку на уровне 0,15% ВВП в существенном объеме не выполнено – недополучено примерно 19 млрд рублей. О понижительном тренде свидетельствуют и данные, представленные в таблице 1.

Табл. 1. *Ассигнования на науку из средств федерального бюджета в текущих ценах* (млрд рублей)

	2013	2014	2015	2016
Ассигнования на науку	614,6	659,3	661	645,3
Динамика, %		7,3	0,3	-2,4
Ассигнования на гражданскую науку	378,2	375,2	371,4	363,2
Динамика, %		-0,8	-1,0	-2,2
Ассигнования на фундаментальные исследования	111,6	121,1	120	104,9
Динамика, %		8,5	-0,9	-12,6
Ассигнования на фундаментальные исследования в академических организациях, подведомственных ФАНО России	77,6	79,1	70,7	72,5
Динамика, %		1,9	-10,6	2,5

Что касается бюджетных ассигнований на фундаментальные исследования в академических организациях РАН-ФАНО, то они выросли в 2016 г. по сравнению с 2015 г. на 1,8 млрд руб., однако уровень 2013 и 2014 гг. не был достигнут.

Российская академия наук, в соответствии со статьей 7.2 Федерального закона от 27.09.2013 г. № 253-ФЗ «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской

Федерации», разработала рекомендации на 2017 и 2018 гг. по финансированию научных исследований и объеме средств, предусматриваемых в федеральном бюджете на очередной финансовый год на финансирование фундаментальных и поисковых научных исследований, проводимых научными организациями и образовательными организациями высшего образования (табл. 2).

Табл. 2. *Рекомендации на 2017 и 2018 годы по финансированию научных исследований, проводимых научными организациями и образовательными организациями высшего образования*

	Объем средств на 2017 г. (млрд руб.)	Объем средств на 2018 г. (млрд руб.)
Валовой внутренний продукт	86806,0	92296,0
Фундаментальные исследования, всего в том числе	130,2	138,4
Академический сектор (ФАНО России, РАН)	85,1	90,8
Вузовский сектор	12,6	13,5
Фундаментальные исследования, финансируемые государственными научными фондами	21,0	22,3
Фундаментальные исследования, выполняемые НИЦ, ГНЦ и прочими научными учреждениями	11,5	11,8

Приоритет в финансировании фундаментальных исследований должен оставаться за академическим сектором науки. Увеличение темпов финансирования вузовского сектора по сравнению с академическим, вероятно, повысит эффективность фундаментальных исследований в вузах, но на это потребуются значительное время. И это не должно осуществляться за счет урезания средств для академических институтов. Сокращение расходов на фундаментальные исследования в академическом секторе чревато утратой существующих не одно десятилетие научных школ, являющихся общемировым достоянием, а также снижением потенциала прикладных исследований и разработок, которые могут проводиться только на основе качественного фундаментального научного базиса, созданного в системе РАН.

Что касается финансирования фундаментальных исследований через гранты государственных научных фондов, то такая конкурсная форма распределения бюджетных средств является прогрессивной и достаточно эффективной, но достигаемый при помощи ее результат не может не зависеть от того, кто и кому предоставляет гранты, как определяется величина средств, выделяемых по тому или иному направлению исследований. Представляется, что грантовая форма не должна подменять собою базовое (сметное) финансирование фундаментальных исследований.

Зарубежная практика, основанная на примате университетской фундаментальной науки и системы грантов, не может служить ориентиром и тем более использоваться при выработке финансовой политики в силу исторически сложившейся организации российской фундаментальной науки, доказавшей свою высокую эффективность и конкурентоспособность.

СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛЕЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ И ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Теоретическая математика – основа всех методов естествознания: физики, механики, химии, биологии, наук о Земле, информатики, а теперь и ряда гуманитарных наук. Многие области математики, развивавшиеся в течение длительного времени как чисто теоретические, привели впоследствии к революционным сдвигам в технологическом прогрессе. Российская математическая школа заняла в XX веке лидирующие позиции практически во всех областях этой науки. Россия и в настоящее время сохраняет значительный потенциал, который может быть использован во всех направлениях технологического развития.

Математическая логика – активно развивающаяся область на стыке чистой математики и прикладных исследований, преимущественно в области теоретической информатики. В компьютерных науках логические языки и методы играют первостепенную роль в теории и практике использования баз данных, теории автоматов и формальных грамматик, теории верификации программ, языках авторизации и др.

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 K-теория, теория категорий и гомологическая алгебра. Значительное внимание уделяется алгебрам Каца–Муд, имеющим важные применения в математической физике. Различные задачи алгебры, особенно алгоритмической природы, связаны с теорией моделей в логике.

Теория чисел представлена в России исследованиями по алгебраической теории чисел и теории Галуа, 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, применения эллиптических кривых к задачам криптографии.

Алгебраическая геометрия принадлежит к одному из наиболее развитых и признанных в мире разделов российской математики. Несмотря на умень-

шившийся объем исследований по сравнению с советским временем, российские алгебраические геометры являются лидерами в этом разделе математики. В последние годы получены результаты в таких направлениях как бирациональная геометрия, теория производных категорий когерентных пучков и ее применения к зеркальной симметрии между алгебраическими и симплектическими многообразиями, арифметика алгебраических многообразий, теория алгебраических групп и теории инвариантов, классификации поверхностей КЗ и связанных с ними решеток.

Основными тенденциями в развитии геометрии являются в настоящее время симплектическая геометрия, метрическая геометрия, применения теории интегрируемых систем в геометрии, комбинаторная геометрия, риманова геометрия, геометрические аспекты теории динамических систем.

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.

В области вещественного и **функционального анализа** впечатляющий прогресс в последние десятилетия был достигнут в гармоническом анализе и анализе Фурье, теории функциональных пространств, теоремах вложения, теории операторов и теории представлений. В области **комплексного анализа** фундаментальные продвижения были достигнуты в теории аппроксимации в комплексной области, геометрической теории функций комплексного переменного, теории аналитических многообразий. Одним из важнейших является изучение банаховых пространств дифференцируемых функций многих переменных. Другой развивающейся областью является теория приближений и геометрия выпуклых тел.

Обыкновенные дифференциальные уравнения представляют собой универсальный язык, с помощью которого описываются эволюционные процессы в физике, химии, биологии, экономике и других областях. Динамические аспекты теории со временем приобрели особое значение и оформились в отдельную область математики – теорию динамических систем. Теория обыкновенных дифференциальных уравнений и динамических систем интенсивно развивается во всех крупных мировых научных центрах с сильной естественнонаучной составляющей. Особую важность имеют проблемы теории устойчивости, гамильтоновой динамики эргодической теории, изучение сосуществования и взаимодействия регулярных и хаотических режимов, перенесение традиционных методов динамики на бесконечномерный случай.

В области **дифференциальных уравнений в частных производных** особенное внимание уделяется изучению систем уравнений Эйлера и Навье–Стокса. Эти системы уравнений лежат в основе газодинамических и гидродинамических моделей, имеющих широкое поле практического использования, включающее в себя безопасность ядерной энергетики, управляемый термоядерный синтез, создание гиперзвуковых летательных аппара-

ратов и вплоть до космологических задач взаимодействия черных дыр и возникновения гравитационных волн. В теории уравнений в частных производных с недавнего времени происходит переход от изучения процессов в таких средах как газ, жидкость и простейшие упругие среды, к описанию физических процессов, происходящих в более сложно описываемых средах, таких как упругопластические среды, сыпучие среды, жидкие кристаллы и многие другие. Проблема исследования устойчивости разрывов важна для предотвращения катастроф.

Математическая физика относится к числу наиболее интенсивно развивающихся направлений современной математики, будучи мостом, соединяющим эту науку с теоретической физикой. Основными направлениями исследований, привлекающими повышенное внимание в последнее время, можно назвать следующие: математические методы квантовой теории поля, включая теорию струн; интегрируемые уравнения, включая дискретные модели; математические методы в теории твердого тела, включая нанофизику. Во всех этих направлениях можно ожидать прорывов в ближайшие годы.

Современная тенденция в **теории вероятностей и математической статистике** характеризуется широким применением вероятностных методов в математических структурах разнообразной природы: от геометрии, алгебры, теории представлений и комплексного анализа до теории чисел, комбинаторики и теории алгоритмов. С этим связаны многочисленные приложения к анализу конкретных сложных многокомпонентных систем в физике, технике, информатике, экономике, биологии, социальных науках. Основные направления: асимптотические методы, предельные теоремы теории вероятностей и статистики; задачи о вероятностях больших и малых отклонений, стохастическая оптимизация и ее применения, в т.ч. в финансовой и актуарной математике; некоммутативная теория вероятностей и ее приложения в квантовой теории информации и статистических решений; теория случайных матриц, исследование нулевых множеств различных случайных объектов, задачи просачивания. А также изучение сильно нелинейных функционалов стохастических объектов и стохастических систем с сильной зависимостью, анализ больших массивов данных, статистические выводы о параметрах большой размерности, граничные задачи для случайных блужданий и их приложения; эргодичность и устойчивость случайных процессов; математические модели телекоммуникационных сетей и систем обслуживания.

На стыке **математической логики и теоретической информатики** лежат исследования по сложности вычислений и построению алгоритмов. Основным методом доказательства нижних оценок на сложность вычисления явной функции произвольными схемами является метод элиминации гейтов. Алгоритмы для трудно решаемых задач – очень распространенная тематика.

Современная математическая **теория управления** возникла в середине XX века как ответ на требования практики. Она составляет фундамент для моделирования и эффективного решения многих задач управления техническими

системами, задач гидро- и аэродинамики, задач обработки, преобразования и передачи информации, актуальных экономических, биологических, экологических и транспортных задач. В настоящее время математическая теория управления интенсивно развивается как у нас в стране, так и за рубежом.

Отечественные исследования в этих областях соответствуют мировому уровню в фундаментальной части исследований, а в некоторых случаях и превосходят его, однако в определенной степени недостаточны в плане адаптации и применения получаемых результатов к анализу конкретных прикладных задач.

Основные российские центры: МИАН, ПОМИ РАН, МГУ, СПбГУ, ИМ СО РАН и его Омский филиал, ИММ УрО РАН, ИППИ РАН, ИМВЦ УНЦ РАН, КФУ, НИУ ВШЭ.

К зарубежным организациям, с которыми либо имеется, либо планируется серьезное сотрудничество, можно отнести Венский технический университет (Австрия), Утрехтский университет (Нидерланды), Университет Турку (Финляндия), Университет Ватерлоо (Канада), Институт перспективных исследований (Принстон, США), Институт математики общества Макса Планка (Бонн, Германия), Гонконгский университет, Ноттингемский университет (Великобритания), Институт высших научных исследований (Франция), Исследовательский институт математических наук (Киото, Япония), Университет г. Йены (Йена, ФРГ), Университет штата Южная Каролина (США), Политехническая школа университета имени Дени Дидро (Париж VII), Университет Тулона (Франция), Государственный университет Уэйна (Детройт, США), группа цифровой обработки сигнала (DSP) в Университете Райса, США, университет Миннесоты (США), университеты в Кембридже, Оксфорде, Эдинбурге (Великобритания), Ереванский государственный университет, математические центры Индии, Китая, Японии, Испании, Германии, Польши, Финляндии, Швеции, Норвегии, Израиля, Чехии, Швейцарии.

Математическое моделирование – направление исследований, позволяющее получать качественно новые результаты практически во всех областях деятельности человека: естественных фундаментальных науках, промышленности, биологии, медицине, экологии, гуманитарных науках. Важнейшей компонентой математического моделирования является построение математической модели, с одной стороны, адекватно описывающей изучаемый процесс, а с другой – допускающей реализацию с помощью современных вычислительных методов, программирования и вычислительных средств.

В среднесрочной перспективе планируется решение фундаментальных и прикладных задач математического моделирования взаимодействия литосферы, гидросферы, атмосферы и ионосферы Земли, естественных и техногенных воздействий на эти среды (как прямых, так и обратных): прогноз и диагноз изменений состояния Земной системы на временных масштабах от нескольких суток (прогноз погоды) до десятилетий (прогноз изменений климата). Созданная модель климата является единственным представителем России в международных программах IPCC.

В области глобальных сетевых технологий планируется: разработка сетевых вычислительных моделей применительно к проблемам прохождения паводков и переноса загрязнений в разветвленных речных бассейнах, последствий разрушения высотных гидроплотин, интенсивных транспортных потоков, включая газо- и нефтетранспортные системы, региональных электроэнергетических систем, интенсивных информационных потоков в компьютерных и телекоммуникационных сетях, динамического нагружения каркасных сооружений и др.

В области математических биомедицинских технологий планируется: разработка математических моделей функционирования жизненно важных физиологических процессов человеческого организма в норме и при различных патологиях, включая иммунную систему, глобальные вычислительные модели кровообращения и внешнего дыхания человека с учетом взаимодействия этих систем, переноса веществ, различных внешних воздействий, а также смежные проблемы физиологии человека. Совместно с сотрудниками МНТК «Микрохирургия глаза» выполнен цикл работ по математическому моделированию наиболее ответственных этапов проведения микрохирургических операций с целью поиска оптимальных режимов их проведения и отработки соответствующего микрохирургического инструментария. Начато и успешно проводится численное моделирование волновых процессов в сложных ветвящихся системах (волновые и диффузионные процессы на графах): глобальные вычислительные модели кровообращения и дыхания с учетом взаимодействия этих систем и переноса веществ. В сотрудничестве со специалистами Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова разработан и апробирован метод вычислительной оценки фракционированного резерва кровотока (ФРК), позволяющий принимать решение о стентировании или шунтировании коронарных артерий без инвазивного вмешательства.

Коллективами институтов ОМН РАН во взаимодействии с другими академическими, отраслевыми и образовательными организациями (МФТИ, ЦФТИ, ЦНИИМаш, НПО им. С.А. Лавочкина, НПО «Энергия», НПО «Машиностроение», ФИАН, ИОФ РАН, ЦАГИ, ИАЭ им. И.В. Курчатова, НИИСтали, НИИСтекла, ЦНИИХМ, ЦФТИ МО, ГВКГ им. Н.Н. Бурденко, МНТК микрохирургии глаза и др.) разработаны не имеющие зарубежных аналогов высокоэффективные численные методы решения нелинейных систем уравнений.

Вместе с тем в последние годы заметно снизился удельный вес работ по специальной тематике, ослаблено взаимодействие с организациями военно-промышленного комплекса, образовался разрыв между фундаментальными и прикладными исследованиями в интересах обороны страны, что необходимо (и планируется) устранить.

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. Не будет преувеличением

сказать, что, 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 экстремально параллелизмом и объемом данных и их использования для решения пилотных задач – все это связанные проблемы. Создание высокопроизводительных алгоритмов невозможно без исследований средствами фундаментальной математики применяемых математических моделей и методов.

Инструментом решения данной проблемы должна стать общегосударственная программа фундаментальных исследований, создание алгоритмов и математического обеспечения для систем сверхвысокой производительности, работа с большими данными. 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.

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН имеет 30-летний опыт работы в этом направлении. В институте предложены и реализованы оригинальные методы и программные средства для решения актуальных научно-технических задач.

Одним из объектов применения суперкомпьютерных технологий в интересах органов государственного и корпоративного управления является проблема хранения и анализа огромного количества данных. Причем, вычислительная сложность задачи поиска многократно возрастает с ростом числа учитываемых факторов. К таким задачам, например, можно отнести анализ ситуации в околоземном пространстве (космический мусор), анализ транспортной ситуации в городах, борьба с терроризмом, управление информационными ресурсами.

Системное программирование (ПО) – фундаментальная основа для всей области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Системное программное обеспечение, с одной стороны, является базой, на которую опираются все другие программные системы, с другой стороны, только системное ПО в полной мере отвечает за надежную и эффективную интеграцию программных и аппаратных средств ИКТ. Тем самым важнейшие характеристики надежности, быстродействия, отказоустойчивости, информационной безопасности ИКТ-решений существенным образом определяются соответствующими характеристиками системного ПО. Системное ПО является базой не только собственно информационных технологий, но и всех технических сложных систем, включая системы критичные по безопасности и стратегически важные системы государственной инфраструктуры.

Бурный рост ИКТ характеризуется не только количественным ростом числа пользователей и объемов данных, он порождает новые виды технологий, которые, в свою очередь, влияют на новые виды деятельности, в частности, такие

виды бизнеса как «Облачные вычисления», «Интернет вещей», повсеместные вычисления, электронное образование и так далее. Также бурно развиваются аппаратные платформы. Технологический рынок, вызвавший стремительный прогресс в области ИКТ, привел также к росту спектра различных уязвимостей, угроз и рисков, связанных с неаккуратным использованием, а также с непредвиденными эффектами интеграции разнородных технологий. Это приводит к созданию ненадежных и слабо защищенных инфраструктурных систем, подвергающихся опасности как находящиеся под их контролем данные и бизнес-процессы, так и жизни и здоровье людей.

Отсутствие исследований в этой области и специалистов, компетентных в этой широкой и активно развивающейся сфере знаний, может привести к углубляющемуся отставанию России в данной сфере, а впоследствии и к невозможности не только создания собственных инноваций в ИКТ, но и адекватного осмысления и внедрения уже имеющихся технологий, созданных в других странах, к росту технологической зависимости страны.

Развитие системного программирования дает прямой вклад в решение задач безопасности, импортозамещения, технологической независимости, обеспечивает увеличение доли технологически емкого производства в экономике страны и рост экспортного потенциала отечественных производителей сложной техники и программного обеспечения.

Свободное программное обеспечение играет все большую роль, являясь одновременно репозиторием готовых решений и образовательного материала высокого качества и средством интеграции передовых разработок различных групп по всему миру. Среди ведущих научных центров, проводящих исследования в данной области: Университет Карнеги-Меллон (программная инженерия в целом, методы анализа и обеспечения информационной безопасности), INRIA Институт исследований в информатике и автоматике, Париж (инструменты дедуктивной верификации кода), Университет Стенфорда (технологии статического и динамического анализа программ, алгоритмы и инструменты интеллектуального анализа данных), Университет Калифорнии в Беркли (платформы анализа больших данных, инструменты верификации программных моделей), Microsoft Research (методы анализа и верификации программ), IBM Research (платформы для машинного обучения), Google (платформы анализа больших данных, инструменты динамической верификации программ).

В ИСП РАН налажено плодотворное сотрудничество с международными научными центрами. В текущий период в форме совместных исследовательских проектов и совместных научных лабораторий и семинаров идет сотрудничество с Университетом Карнеги-Меллон (США), INRIA (Франция), Университетом Пассау (Германия), Google, Университетом Telecom SudParis (Франция), Университетом Дрездена (Германия) и др.

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».

Важнейшие достижения

Разработан универсальный математический аппарат для получения оптимальных правил обнаружения «разладок» случайных процессов. Построенная теория основана на результатах, связывающих случайные процессы, теорию дифференциальных уравнений и теорию информации. Доказана ключевая теорема о виде универсальных статистик, порождающих оптимальные алгоритмы обнаружения «разладок». С помощью этой теоремы даны окончательные ответы на вопросы об оптимальности процедур обнаружения «разладок» – вопросы, которые оставались открытыми более двух десятилетий. Результаты построенной теории широко востребованы в таких сферах, как радиолокация (обнаружение неизвестных объектов), производство (контроль качества), телекоммуникации (противодействие сетевым атакам), финансы (контроль за спекуляциями на финансовом рынке) и других. (МИАН, академик РАН Ширяев А.Н.)

Для простого числа p показано, что дифференциалы d_n в мотивной спектральной последовательности с p -локальными коэффициентами равны нулю, если $(n - 1)$ не делится на $(p - 1)$. Кроме того, получена явная формула для первого нетривиального дифференциала d_p в терминах мотивной операции Стиррода и гомоморфизма Бокштейна. (ПОМИ РАН, Ягунов С.А.)

Предложен новый метод локального парирования ошибок вычислительных узлов суперкомпьютера экзафлопсного и более высокого уровня производительности при решении задач механики сплошной среды, описываемых гиперболизированными системами дифференциальных уравнений. Метод обеспечивает за счет привлечения ограниченного числа резервных процессоров проведение длительных непрерывных расчетов без потерь основной вычислительной мощности. Локальное парирование ошибок дает возможность практического проведения длительных непрерывных расчетов на системах, состоящих из миллионов вычислительных устройств, каждое из которых может выходить из строя. Следует подчеркнуть, что существующие методики обеспечения отказоустойчивости станут непригодными для таких расчетов в

силу неизбежного возрастания частоты отказов элементов суперкомпьютера (рис. 1). (ИПМ РАН, академик РАН Четверушкин Б.Н., Якобовский М.В.)

Получен ряд фундаментальных результатов в области статического анализа исходного кода программ. Разработаны модели программы для многоуровневого анализа и соответствующие методы внутривещурного и межвещурного анализа, обеспечивающие контекстную чувствительность и чувствительность к путям выполнения. На основе этих результатов разработана технология статического анализа (Svace) для поиска критических дефектов и уязвимостей. Технология конкурентоспособна на мировом уровне, обеспечивая покрытие всех важнейших классов дефектов, качество анализа, масштабируемость для сверхбольших программ в десятки миллионов строк кода. Технология является ключевым компонентом в жизненном цикле разработки безопасного ПО и используется как стандарт де-факто для проверки исходного кода ОС Tizen, а также внедряется в ряде индустриальных компаний, в том числе зарубежных. (ИСП РАН, чл.-корр. РАН Аветисян А.И., Белеванцев А.А.)

В задаче о высокоскоростном взаимодействии твердых тел из композитных материалов на базе дискретно-элементного подхода выявлены закономерности, позволяющие объяснить эффект «пластического расклинивания преграды». Использование технологий распараллеливания вычислений на графических процессорах в сочетании со средствами трехмерной визуализации и анимации результатов позволило получить детальные пространственно-временные картины процесса внедрения и дало возможность существенно улучшить точность вычислений при проведении новых вычислительных экспериментов. Были разработаны методики, позволяющие оценить влияние химического состава, энергии связи, пластичности, жесткости и других свойств взаимодействующих тел, а также их геометрических характеристик на результаты высокоскоростного взаимодействия твердых тел из композитных материалов (рис. 2). (ФИЦ ИУ РАН, Абгарян К.К., Ревизников Д.Л., Журавлев А.А.)

Исследована обратная задача рассеяния о восстановлении индекса рефракции среды в обобщенном уравнении Гельмгольца по заданному модулю рассеянного поля. В промышленном производстве наноструктур размером порядка 0,1–0,01 микрона и меньше возникает важная задача быстрого и надежного контроля качества продукции. Основная математическая трудность в ее решении состоит в том, что на высоких частотах невозможно измерить фазу рассеянного поля. В опубликованных работах впервые разработана математическая основа численного алгоритма восстановления фазы рассеянного поля, описываемого обобщенным уравнением Гельмгольца (рис. 3). (ИМ СО РАН, чл.-корр. РАН Романов В.Г. совместно с Клибановым М.В., унив. г. Шарлотт, США)

На основе уравнений Дюгамеля–Неймана была рассмотрена стационарная задача о тепловом нагружении макрообразца из двумерного материала (типа графена) в приближении малых упругих деформаций. Использовался численный метод решения системы эллиптических уравнений 2-го порядка на основе монотонной по Фридрихсу разностной схемы на хаотических сетках в много-

связной области интегрирования сложной формы. На рис. 4 приводятся некоторые результаты вычислительных экспериментов по многоточечному тепловому воздействию (12 источников нагрева) на образец сложной геометрической формы. (ИАП РАН, Холодов А.С.)

Для систем уравнений линейной теории упругости построены и обоснованы оптимальные, явно разрешимые дискретные (сеточные) модели. В основе моделей лежат законы сохранения вида $\operatorname{div} F = 0$. Для задач теории упругости построены модели с контролируемым дисбалансом полной механической энергии. Под оптимальностью понимается, в том числе, такая характеристика дискретной модели, как возможность максимальной степени распараллеливания. Полученные теоретические результаты могут быть использованы при решении конкретных тепловых задач и задач теории упругости, например, задачи сейсмоустойчивости наземных сооружений при проведении подземных горных работ. (ИВМиМГ СО РАН, академик РАН Коновалов А.Н.)

Разработаны методы для расчета термодинамически равновесных значений полной энергии в модели Холстейна с ланжевеновским термостатом с последующей оценкой свободной энергии при заданной температуре; соответственно модифицирован программный пакет. С помощью этих программ рассчитаны температурные зависимости свободной энергии и энтропии для однородных димеров ДНК (AA, GG и TT) в диапазоне от 10 до 1000 К. Продолжены исследования вариантов возбуждения нелинейных колебаний в ДНК внешним импульсом с возможностью захвата и переноса заряда таким возбуждением. На основе модели Холстейна предложена модель реакции фотоизомеризации ретиналя в родопсине, проведена параметризация уравнений. (ИМПБ РАН, Лахно В.Д.)

Решена задача о взаимодействии ударной волны с облаком частиц. Проблема представляет практический интерес в подавлении разрушительных детонационных процессов в угольной промышленности, разделении космических объектов и их идентификации по различию массовых характеристик и др. Проводилось двумерное газодинамическое моделирование взаимодействия ударной волны с системой цилиндров. В результате взаимодействия формируются коллективная отраженная и прошедшая волны. Та же задача решается с использованием одномерной системы уравнений механики гетерогенных сред. Результаты одномерного моделирования сопоставлены со средним по поперечному направлению канала распределением давления из двумерного расчета. Получено качественное совпадение, наибольшее влияние многомерных эффектов наблюдается в следе за облаком. На рис. 5 представлен пример взаимодействия ударной волны с системой цилиндров. (ИАП РАН, Уткин П.С., Сидоренко Д.А.)

Изучен коммутант оператора типа Поммье в кольце всех линейных непрерывных операторов в счетном индуктивном пределе весовых пространств Фреше целых функций. Проведено систематическое исследование изоморфной этому коммутанту алгебры аналитических функционалов с произведе-

нием, заданным оператором сдвига для оператора типа Поммье. Показано, что полученные результаты можно использовать в смежных областях комплексного и функционального анализа: в теории распределений и ультрараспределений, гиперфункций, при изучении динамики линейных операторов. (ЮМИ ВНЦ РАН, Мелихов С.Н., Иванова О.А.)

Построена основа теории гиперквазимногочленов – обобщение квазимногочленов. Рассмотрены их приложения. (ИПМ ДВО РАН, чл.-корр. РАН Быковский В.А.)

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

Фундаментальные исследования в области физических наук охватывают направления квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости, физического материаловедения, оптики и лазерной физики, радиофизики и акустики, физики плазмы, ядерной физики, астрономии, астрофизики и исследований космического пространства.

По направлениям *«Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости»* (направление 8) и *«Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены, другие наноматериалы, а также метаматериалы»* (направление 9) получено много интересных результатов в широкой области знаний. В частности, подробно исследовано новое состояние вещества – топологические изоляторы. Установлен механизм рассеяния, по отношению к которому киральные краевые электроны топологических изоляторов не являются топологически защищенными.

Поддерживаемые интересом пользователей, проявляемым к свойствам метаматериалов, активно ведутся разработки мультислойных метаматериалов с управляемым спектром собственных колебаний. Прогнозируется, что в ближайшие три года будут быстро внедрены образцы военной техники и вооружения в широком диапазоне электромагнитного спектра на основе создания технологии синтеза металлических, диэлектрических, магнитных, полупроводниковых и композитных пленок. Потребность в интеграции фотонных и микроэлектронных элементов ведет к продолжению активных работ по созданию элементов техники кремниевой оптоэлектроники, совместимой с современной технологией больших интегральных схем на кремнии. Созданы оптические аналоги электронных элементов, работающих в микроволновом диапазоне частот.

Будут продолжены работы по созданию устройств и технологий получения на металлических подложках разного состава массивов углеродных нанотрубок (для применения в качестве холодных катодов для эмиссии электронов). Продолжатся экспериментальные и теоретические исследования макромоле-

кул, полимеров и биоструктур (аминокислот, биополимеров, нейронных и генных сетей), их спонтанных и индуцированных трансформаций.

Ожидается, что в ближайшее десятилетие в области физики твердого тела перспективными задачами для исследователей станут:

- фундаментальные проблемы фазовых превращений и релаксационных процессов в неупорядоченных конденсированных средах, в том числе в жидкостях и стеклах, и изучение структурных и динамических аспектов их затвердевания;

- влияние экстремальных условий: сверхнизких температур, сверхсильных магнитных полей, сверхвысоких давлений (решение этих задач позволит улучшить прогностические возможности моделирования, в том числе геофизические прогнозы землетрясений).

Учитывая успешные результаты, полученные при разработке принципов конструирования искусственных молекулярных машин (устройств наноразмерного масштаба, которые осуществляют точные манипуляции с атомами, зарядами и молекулами), в течение ближайших десяти лет будет продолжен поиск новых перспективных функциональных элементов синтетической тепловой молекулярной машины, придающих полимерной глобуле уникальные динамические свойства, характерные для биологических молекулярных машин (типа белка миозин). Эти работы откроют новые горизонты для развития наук о жизни.

Проблема сверхпроводимости при комнатной температуре по-прежнему сохраняет свою актуальность. Реализация квантовой когерентности в макроскопических системах при низких и сверхнизких температурах, безусловно, представляет большой научный интерес, но ее практическое применение в ближайшие 10–15 лет вряд ли будет экономически конкурентоспособно.

Обнаружен эффект управления движением магнитной доменной стенки с помощью спинполяризованного тока, что может быть использовано в будущих устройствах спинтроники. В области спинтроники будут развиваться работы по синтезу и исследованиям спинвентильных пленочных структур, изучению магнитных, магнитооптических и магниторезистивных свойств; исследованию резонансного эффекта Фано при квантовом спинзависящем транспорте через спиновые наноструктуры и прогнозированию устройств, проявляющих гигантское магнитосопротивление.

В результате исследования сверхбыстрых лазерно-индуцированных явлений в магнитных материалах (с целью создания новых систем записи и обработки информации с повышенным быстродействием) впервые экспериментально установлено, что возможна сверхбыстрая перестройка спиновой системы прозрачного антиферромагнетика при селективной оптической накачке фемтосекундными лазерными импульсами без теплового нагрева решетки. Данное обстоятельство открывает новые возможности по управлению системой спинов – практически стопроцентную передачу энергии светового импульса в спиновую систему антиферромагнетика.

Перспективными остаются работы по исследованию свойств и развитию технологий широкозонных полупроводников и сверхрешеток на их основе как элементной базы генераторов и сверхбыстрых приемников терагерцевого излучения. Будут продолжены исследования, связанные с созданием твердотельных вариантов элементной базы для квантового компьютера и устройств квантового кодирования и квантовой криптографии. В ближайшие два-три года оформятся две крупных области исследований: квантовые устройства и квантовые коммуникации. Решения фундаментальных проблем в области трехмерной нанoeлектроники на основе сочетания квантовых полупроводниковых приборов с элементами опто-, магнито- и акустоэлектроники могут быстро найти применение в устройствах криптографии, нано- и оптоэлектроники.

На основе новых типов гетероструктур созданы высокоэффективные каскадные солнечные элементы с улучшенными характеристиками для использования в условиях околоземного космического пространства, а также для использования при 500-кратно концентрированном «наземном» солнечном облучении.

Исследуются различные аспекты радиационной повреждаемости и закономерности радиационных явлений в материалах атомной энергетики. Наиболее актуальными в радиационной физике металлов и сплавов являются проблемы: выяснение характеристик точечных дефектов в металлах и концентрированных сплавах, их взаимодействие с легирующими и примесными элементами; механизмы радиационно-индуцированной сегрегации и ее влияния на фазовый состав, набухание, охрупчивание и коррозию конструкционных материалов; механизмы образования и роста вакансионных пор; моделирование радиационных процессов в материалах; выявление механизмов радиационно-индуцированного образования наноструктурного состояния в сплавах и поддержание их радиационной стойкости.

Результаты фундаментальных исследований по направлениям *«Актуальные проблемы оптики и лазерной физики, в том числе достижение предельных концентраций мощности и энергии во времени, пространстве и спектральном диапазоне, освоение новых диапазонов спектра, спектроскопия сверхвысокого разрешения и стандарты частоты, прецизионные оптические измерения, проблемы квантовой и атомной оптики, взаимодействие излучения с веществом (направление 10) и «Фундаментальные основы лазерных технологий, включая обработку и модификацию материалов, оптическую информатику, связь, навигацию и медицину» (направление 11)* представляют большой практический интерес. Они уже давно реализованы в приборах и устройствах, предназначенных для исследований экстремальных состояний вещества, для спектротрических измерений, в интерферометрических инструментах регистрации гравитационных волн, космических системах навигации, в информационных средствах связи.

Многие области лазерной физики, развивавшиеся в течение длительного времени как чисто теоретические, привели к созданию новых технологий. Отметим среди них лишь некоторые достижения. Впервые в мире было

экспериментально осуществлено когерентное сложение оптических полей фемтосекундных лазерных импульсов с энергией до 150 мДж, благодаря чему достигнуты значения плотности мощности лазерного излучения (10^{20} – 10^{21} Вт/см²), что на два-три порядка превышает релятивистский предел. Эти работы, ведущая роль в которых принадлежит сотрудникам институтов ИЛФ СО РАН, ИПФ РАН, ИОФ РАН, связаны с созданием методов исследования экстремальных состояний вещества, развивающихся в ядерных и термоядерных реакциях. В связи с большим практическим интересом к полученным результатам, работы по созданию мощных генераторов излучения со сверхкороткими импульсами и расширению диапазона их излучения будут продолжены. Прогнозируется, что в ближайшее время будут продолжаться разработки новых методов эффективной временной компрессии фемтосекундных лазерных импульсов для лазеров, генерирующих короткие оптические импульсы субпико- и фемтосекундной длительности в различных диапазонах спектра с помощью полупроводниковых лазерных структур в различных режимах генерации.

Ожидается, что для решения задач наблюдения и исследования гравитационных волн, прецизионной проверки изотропии скорости света, а также прецизионного измерения фундаментальных физических констант будет уделено внимание развитию высокочувствительных оптических методов на основе фемтосекундной и аттосекундной оптики и технологий создания фотонных кристаллов для лазеров с ультрадлинной когерентностью на оптическом волокне, разработке компактных оптических стандартов частоты на базе ультрахолодных атомов и ионов для систем глобальной и космической навигации, связи.

Развитие оптической лазерной керамики должно привести к активному внедрению дисковых лазеров в диапазон больших мощностей для накачки параметрических усилителей, генерации жесткого ультрафиолетового излучения. Ожидается дальнейшее совершенствование высокомоощных диодных лазеров в качестве высокоэффективной оптической накачки (будут актуальны работы по их оптимизации по спектральному составу излучения, электрооптическому КПД, частоте следования импульсов и распределению плотности мощности в пространстве).

Особое внимание уделяется развитию фотоники, сопровождающемуся стремительным ростом числа технологий, представляющих экономический интерес и непрерывное увеличение объема производства продукции для практического применения в других отраслях экономики – информационного обеспечения, промышленного производства, здравоохранения, энергетики, обеспечения безопасности.

Среди технологических достижений последних лет можно назвать ряд новых разработок, в том числе создание микро- и наноструктур оптическими методами, технологию создания органических и гибридных светоизлучающих диодов, фотовольтаических элементов и микродисплеев, которые служат основой для многих устройств и систем, имеющих стратегическое значение в производстве приборов двойного назначения. Наибольшее применение в фо-

тонике нашли источники и преобразователи светового излучения, в которых используется электролюминесценция (светодиоды, инжекционные полупроводниковые лазеры и усилители) и фотолюминесценция (люминесцентные покрытия, лазеры и усилители на основе редкоземельных элементов и т. д.).

Поэтому большой интерес к созданию генераторов излучения в широких интервалах спектрального диапазона (от глубокого ультрафиолета до терагерцевой области) наблюдается со стороны пользователей спектрометрических исследований и промышленных приложений. В связи с этим будут востребованы результаты работ по созданию:

- лазеров с высокой средней и пиковой мощностью, создаваемых на основе технологий, использующих диодную накачку, слэбовую, дисковую и волоконную геометрию активных сред на основе стекол, керамики и полупроводников;

- технологий изготовления оптической лазерной керамики для создания активных сред, не существующих в природе в виде монокристаллов, с большими апертурами (до десятков сантиметров), что должно привести к продвижению дисковых лазеров в область больших мощностей и генерации жесткого УФ-излучения для аттосекундной физики и техники для спецприменений;

- двулучепреломляющих фотонно-кристаллических волоконных световодов и элементов для нового поколения компьютерной оптоэлектроники, в том числе микро- и нанолазеров на основе множественных квантовых ям, перестраиваемых устройств плазмоники, остаются актуальными.

В области «*Современные проблемы радиофизики и акустики*» (направление 12) по-прежнему актуальны работы по созданию новых инструментальных средств исследований. В связи с активным освоением арктических территорий увеличится объем экспериментальных исследований в отдельных районах арктического шельфа РФ. В создаваемой для работы в этих районах аппаратуре реализуются методы и средства низкочастотной акустической диагностики высокого разрешения для исследования толщи океана, пород океанического дна, в том числе в шельфовых зонах, акустическая модель морского дна, объясняющая наблюдаемое там аномально высокое затухание звуковых волн. В ИПФ РАН разработан, изготовлен и испытан в ходе длительных измерений в Арктике автоматизированный микроволновый спектрорадиометр для дистанционного исследования снежного покрова. Прибор реализует предложенный оригинальный метод пассивного зондирования земных покровов, использующий спектральные особенности собственного излучения атмосферы в миллиметровом диапазоне длин волн. Сравнение излучения поверхности и атмосферы позволяет одновременно определять альбедо (коэффициент излучения) и физическую температуру различных по глубине слоев снега, что дает возможность получать информацию о структуре, температурном профиле и толщине снежного покрова.

Разработка метода обратной задачи рассеяния стимулирует решение многих важных задач современной физики. Предложен новый подход к диагностике эмиссий диоксида углерода, связанных со сжиганием ископаемого топлива и

природными пожарами и играющих важнейшую роль в процессах, влияющих на изменение климата. Подход основан на использовании данных спутниковых измерений сопутствующих примесей (диоксида азота, оксида углерода и аэрозоля) и принципов обратного моделирования. Это позволило выявить существенные неточности имеющихся данных о межгодовых изменениях антропогенных эмиссий CO_2 в Китае, а также эмиссий от пожаров в Сибири.

Многие работы в этом направлении связаны с решением задач в рамках нелинейной динамики. Отечественная наука в этой области по-прежнему занимает лидирующее положение в мире (прорыв в значительной мере был достигнут в 1970-х годах: задача рассеяния Захарова – Шабата, КАМ-теория Колмогорова и Арнольда и др.) и до сих пор определяет ее современный мировой уровень. Особенно это относится к исследованиям по теории солитонов и динамического хаоса. От понимания природы солитонов и хаоса в большой степени зависит прогресс в исследовании других фундаментальных нелинейных явлений – автоколебаний, автоволн, когерентных структур, турбулентности и пр.

Развиваемая теория хаоса имеет естественное применение в исследованиях развитой турбулентности. Среди последних перспективных результатов – определение статистических свойств в уравнении Бюргерса со случайной внешней силой, вычисление корреляционных функций с помощью пассивного скаляра, теория бездиссипативной самогравитирующей среды (модель темной материи во Вселенной). Поддаются объяснению наблюдаемые энергетические спектры для турбулентности, а также спектры частота-интенсивность дискретных событий в природе (землетрясения, оползни и т. п.).

Новые результаты способствуют развитию акустической диагностики для биомедицинских исследований (в КФТИ КазНЦ РАН разработаны новые методы и средства медицинской физики, основанные на магнитной радиоспектроскопии, созданы датчики для магнитно-резонансных томографов с индукцией магнитного поля 0,4 и 0,06 Тл), методов когерентной сейсмоакустики для мониторинга геодинамических процессов в сейсмоопасных зонах (в ИПФ РАН на основе анализа доплеровских спектров получено прямое доказательство, что обратное рассеяние микроволнового излучения поверхности воды при сильном и ураганном ветре формируется на гребнях обрушающихся волн); создания больших многоручевых электронно-управляемых антенных решеток (в ИОФ РАН создан генератор сверхширокополосного импульсного электромагнитного излучения субнаносекундной длительности на основе широкоапертурного параболического фотокатода, возбуждаемого ультракороткими лазерными импульсами. Область применения генератора – задачи связи, зондирования и радиоэлектронной борьбы).

Направления исследований в области *«Фундаментальные проблемы физической электроники, 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»* (направление 13)

прежде всего, связаны с работами по созданию новых методов генерации и приема когерентного излучения микроволнового и терагерцевого диапазонов, а также по созданию высокомоощных источников СВЧ-излучения для специализированных задач.

Для этих целей, в частности, исследуются магнитные переходы, составленные из контактирующих слоев ферромагнетиков, а также из слоев ферромагнетиков и антиферромагнетиков, при протекании через них тока. В ФТИ РАН была разработана новая конструкция чипа интегрального тиристора (ИТ), обеспечивающая однородное распределение силового тока по микротирсторным ячейкам. Это позволило на $\sim 30\%$ увеличить предельную величину выключаемого тока. Разработана конструкция и технология производства быстродействующего диода с «мягким» восстановлением, включаемого встречно-параллельно с чипом интегрального тиристора в силовом модуле. Разработана конструкция керамической платы силового модуля с системой управления, обеспечивающая синхронную работу шести чипов ИТ при включении и выключении.

Разработаны конструкция и технология изготовления полупроводникового размыкателя для сверхширокополосного (СШП) антенного приемно-передающего модуля, а также опытные образцы генераторов СШП-сигналов на основе субнаносекундных размыкателей с пиковой мощностью до 20 кВт. Изучены свойства МДП-структур на основе GaN. Пленки GaN *n*-типа выращивались на сапфировых подложках методом газофазной эпитаксии; Al_2O_3 толщиной 60 нм наносился на GaN методом ALD; контакты – электронно-лучевым испарением Ti и Al в вакууме. Энергетическая плотность «быстрых» поверхностных состояний спадает в глубь запрещенной зоны GaN, достигая минимума в середине запрещенной зоны. Измеренные параметры МДП-структур свидетельствуют о перспективности использования ALD-технологии для формирования подзатворного диэлектрика в МДП-транзисторах на основе GaN.

В направлении создания высокомоощных источников СВЧ-излучения для специализированных задач исследования ведут институты ИПФ РАН, ИЭФ УрО РАН и ИСЭ СО РАН. В ИПФ РАН изучаются возможности получения мультимегаваттной мощности в гиротронах коротковолновой части миллиметрового диапазона. В трехмиллиметровом диапазоне волн в гиротроне получена мощность более 5 МВт в импульсах около 1 мкс. В гиротроне использована электронная пушка, разработанная с учетом неадиабатических эффектов при формировании релятивистских электронных пучков.

В институте ИСЭ СО РАН создан уникальный двухканальный источник фазированных субгигаваттных наносекундных СВЧ-импульсов с круговой поляризацией на основе высоковольтного генератора, линий с намагниченным ферритом и спиральных антенн, обеспечивающий электронное управление направлением излучения в пределах $\pm 15^\circ$ при пиковой излучаемой мощности до 200 МВт в каждом канале. Был развит новый подход к созданию мощных источников сверхширокополосного электромагнитного излучения на основе возбуждения многоэлементных решеток комбинированных антенн биполяр-

ными импульсами напряжения от одного генератора через делитель мощности, создан источник с эффективным потенциалом излучения 4,3 МВ и рекордной эффективностью.

По направлению *«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»* (направление 14) перспективы получения прорывных результатов в ближайшие десять лет связывают с осуществлением управляемого термоядерного синтеза в режиме самоподдерживающегося горения в установках с магнитным удержанием плазмы типа токамак.

Поэтому продолжатся эксперименты с инерционным термоядерным синтезом и созданием эффективных термоядерных мишеней. Но разработка альтернативных токамакам систем управляемого термоядерного синтеза с магнитным удержанием, поиск источников нагрева плазмы и методов ее диагностики порождают потребность в изучении процессов, связанных с использованием гиротрона. Уже завершилось создание прототипа гиротронного комплекса для ИТЭР, включающего СВЧ-генератор-гиротрон (с параметрами: частота – 170 ГГц, мощность – 1 МВт, длительность импульса – 1000 с, КПД – 55%), сверхпроводящий магнит, вспомогательные магниты, источники питания, систему охлаждения, систему управления и другие вспомогательные системы. Успешные испытания, проведенные в присутствии представителей Международной организации ИТЭР, продемонстрировали его работоспособность.

В ФИАНе разработаны и изготовлены мишени из пен докритической плотности (работа выполнена в рамках Европейских программ HiPER и COST). Это позволило коллективу ученых из Франции–США–Японии–России продемонстрировать в эксперименте и подтвердить численным счетом: РТ-неустойчивости на фронте абляции СН-пленки с наноСНО-пенной дают уменьшение роста неоднородностей в 2–3 раза, что критически важно для успешного сжатия топлива по схеме лазерного термоядерного синтеза.

Ожидается получение новых результатов в исследовании физических процессов, протекающих вблизи околопланетных плазменных границ, с помощью новых космических и астрономических инструментов. Поэтому ведутся экспериментальные и теоретические работы по интерпретации этих результатов. Перспективные работы связывают с исследованием плазменных процессов в геофизике, в том числе с помощью активных спутниковых экспериментов, а также исследованием формирования структуры и динамики глобальной атмосферной электрической цепи, управлением процессами в грозовом облаке. На установке «Гроза», расположенной на Тянь-Шанской высокогорной научной станции ФИАН, ведутся измерения проникающих излучений различной природы в периоды грозовой активности. Определены энергетические спектры электронов и гамма-квантов на различных стадиях развития грозового разряда.

Продолжаются исследования процессов самоорганизации и свойств упорядоченных структур в низкотемпературной и сверххолодной плазме, в том числе пылевой. Ведущая роль в исследованиях в области физики плазмы отведена моделированию процессов. Результаты моделирования существенно дополняют и расширяют возможности экспериментальных исследований. Так, была предложена концепция создания нового типа ускорителей заряженных частиц в поле стоячих волн специальной конфигурации, возникающих при интерференции нескольких лазерных импульсов с наклонными амплитудными фронтами. Было показано, что в этом случае возможно создать ловушки с очень большим электрическим квазистационарным полем. При этом они перемещаются в пространстве со скоростью, близкой к скорости света, и захватывают, удерживают и ускоряют заряженные частицы. При суммарной энергии лазерного излучения 20 Дж и длительности импульсов 10 фс возможно получить ускорение электронов до энергии ~ 1 ТэВ на длине менее 5 см.

В ИЯФ СО РАН создан уникальный инжектор сфокусированного пучка атомов водорода и дейтерия для нагрева плазмы мощностью 1 МВт и длительностью работы 2 сек. В инжекторе впервые реализован режим работы с изменением энергии пучка в течение рабочего импульса в пределах 15–30 кэВ с частотой до 250 Гц.

Фундаментальные исследования всегда сопровождаются появлением новых знаний. Их результаты постоянно превращаются в инновации и внедряются в разработку плазменных технологий новых материалов. В их числе – создание композиционных материалов с заданными физико-химическими свойствами. Актуальность подобных технологий связана с заложенными в них потенциальными возможностями стать заменой традиционным технологиям обработки в машиностроении, инструментальной промышленности, производстве наноматериалов, медицинской промышленности, водородной энергетике, разработке новых строительных материалов. Такие материалы способны значительно снизить уровень эксплуатационных затрат, обеспечить экологическую чистоту производства, позволить отказаться от вредных химико-термических технологий, увеличить ресурс работы деталей машин, инструмента и технологического оборудования.

В направлении *«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»* (направление 15) получены крупные результаты.

Синтезированы новые химические элементы Периодической таблицы Д.И. Менделеева с атомными номерами 115, 117 и 118. Международный союз теоретической и прикладной химии (IUPAC) официально признал приоритет в открытии за Объединенным институтом ядерных исследований в Дубне и его партнерами – Ливерморской и Окриджской национальными лабораториями (США). Таким об-

разом, все пять из известных на сегодня (114 и 116 элементы были открыты ранее) наиболее сверхтяжелых элементов (114–118) синтезированы в России.

Введен в эксплуатацию протонный радиографический комплекс (ПРГК) на синхротроне У-70. По своим параметрам ПРГК является лучшей в мире установкой для исследования быстропротекающих процессов в динамических сверхплотных объектах (средах) методом импульсной протонной радиографии. В установке внедрена новая уникальная технология, основанная на большой проникающей способности высокоэнергичных (50–70 ГэВ) протонов и возможности управлять их потоками с помощью систем многооборотного быстрого вывода и специальной магнитной оптики.

На озере Байкал смонтирован и введен в режим постоянного набора данных кластер из восьми гирлянд оптических модулей (по 24 ОМ на каждой). Это базовый структурный элемент создаваемого глубоководного нейтринного телескопа НТ1000 (Baikal-GVD) кубокилометрового масштаба. При работе в автономном режиме эффективный объем кластера составляет 0,04 км³ для событий от нейтрино с энергией порядка 100 ТэВ, что позволяет считать его одним из трех крупнейших в мире действующих нейтринных телескопов в области высоких и сверхвысоких энергий и начать на нем поиск событий от астрофизических нейтрино.

В международном эксперименте OPERA, при активном участии российских ученых, после обработки результатов, полученных в предыдущие годы, была уверенно подтверждена регистрация пяти событий – кандидатов на взаимодействие таунейтрино. Обнаруженные кандидаты позволяют оценить открытие осцилляций $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ на уровне пяти стандартных отклонений.

Стартовал астрофизический космический эксперимент «НУКЛОН». Собран банк событий космических лучей с энергией более 1 ТэВ объемом, сопоставимый с результатами, полученными за все предыдущие 50 лет прямых измерений в данной области. Предварительный анализ данных показывает, что наблюдается неоднородность в энергетическом спектре всех частиц в области десятков ТэВ; энергетические спектры основных компонент космических лучей имеют сложную структуру в области более 10 ТэВ/частица; зафиксировано устойчивое падение интенсивности потока протонов относительно потока ядер гелия во всем исследованном энергетическом диапазоне до 300 ТэВ.

Перечень работ в области фундаментальных исследований включает:

- совершенствование 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;

- теоретическое исследование квантовых эффектов в сильных полях и в экстремальных состояниях вещества;

- исследования проблемы прохождения «темной энергии» и ускоренного расширения поздней Вселенной, проблемы барионной асимметрии Вселенной

и механизмов ее генерации в процессе эволюции, проблемы природы темной материи во Вселенной;

- поиск и исследование новых физических явлений в области энергий до нескольких ТэВ, новых элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий в экспериментах на Большом адронном коллайдере;

- исследование острова стабильности сверхтяжелых элементов;

- прецизионное измерение параметров нейтринных осцилляций, поиск в них эффектов CP-нарушения, а также прямой поиск массы нейтрино в диапазоне 0,1–0,3 ТэВ, поиск нарушения закона сохранения лептонных чисел в процессах с мюонами на новом уровне чувствительности и безнейтринного двойного бета-распада на уровне, предсказываемом осцилляционными экспериментами в предположении майорановской природы нейтрино;

- поиск стерильных нейтрино в нейтринных осцилляциях, проведение с этой целью эксперимента BEST на Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН и эксперимента на установке «Троицк-ню-масс»;

- измерение космических потоков нейтрино высоких энергий, обнаружение их источников. Для достижения этой цели продолжается сооружение глубоководного Байкальского нейтринного телескопа;

- исследование потоков нейтрино, образованных в распадах тяжелых ядер и ядерных реакциях, происходящих в недрах Земли, и создание с этой целью детектора геонейтрино;

- исследование природы космических лучей сверхвысоких энергий, обнаружение их источников, исследование механизмов их генерации, поиск антиматерии в составе космического излучения;

- создание ядерно-физических комплексов по вводу в действие высокопоточного реактора ПИК, а на его базе центра нейтронных исследований; 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; решение упомянутых проблем физики и техники ускорения заряженных частиц на основе мощных (экзаваттных) лазерных источников и создание новых перспективных ядерно-физических технологий в интересах экологически безопасной ядерной энергетики, ядерно-физической медицины, здравоохранения и других отраслей.

Результаты в направлении *«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 наземной и внеатмосферной астрономии, фундаментальные аспекты решения практических задач: координатно-временного обеспечения страны, создания российской системы противодействия космическим угрозам»* (направление 16) многочисленны.

Получены уникальные результаты. Объявлено о регистрации гравитационного излучения международной коллаборацией LIGO, в которую входят и

российские ученые: физики и астрофизики. Идентификация результатов стала возможной благодаря принципам наблюдения, предложенным более 50 лет назад отечественными учеными.

Непревзойденным результатом остается реализованный в рамках международного (при головной роли России) космического проекта «СПЕКТР-Р» («Радиоастрон») гигантский радиointерферометр «Космос – Земля» с базой до 20 диаметров Земли, в котором достигнуто рекордное в астрономии угловое разрешение в 11 микросекунд дуги при наблюдениях мегамазеров в галактике NGC 4258. Высокое разрешение позволило также получить детальное изображение выбросов горячего вещества из центральных областей квазаров. Удалось измерить ширину области излучения выбросов вблизи центральной сверхмассивной черной дыры. Ширина основания струй оказалась менее парсека. Это качественно изменило понимание природы релятивистских выбросов квазаров.

Отметим также заметные события последних лет:

- 15 февраля 2013 г. в районе Челябинска произошло столкновение с Землей космического тела. Отправленные туда научные экспедиции собрали ценный материал; затем был проведен анализ всех данных наблюдений и исследованы свойства космического тела (построена световая кривая, получены оценки энергии, размера этого тела, а также параметров траектории его движения и высоты разрушения).

- На основе данных многоспутниковой миссии «Кластер» был установлен механизм усиления магнитной хиральности геомагнитосферного плазмоида токами, связанными с асимметрией в отражении и преломлении траекторий неадиабатических ионов в токовом слое геомагнитного хвоста.

- По данным обзора всего неба космической обсерваторией «Планк» при помощи наблюдения эффекта Сюняева – Зельдовича был проведен поиск скоплений галактик, составлен их каталог, определена функция масс скоплений и получены ограничения на космологические параметры.

- На 6-м телескопе БТА¹ измерена линейная поляризация в спектре сейфертовской галактики Мкп 6 и впервые показано, как по поляризационным данным можно определить тип движений в области образований широких спектральных линий вблизи массивного ядра активной галактики.

- Исследования Местной Вселенной позволили выявить значительный недостаток массивных карликовых галактик в Местном Объемe по сравнению со стандартной космологией.

Прогнозируется, что в ближайшее десятилетие-два по-прежнему актуальными останутся следующие исследования:

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

¹ БТА – большой телескоп азимутальный.

– природы скрытой темной материи и темной энергии, поиск реликтовых объектов ранней Вселенной;

– установление природы компактных объектов и высокоэнергичных процессов, связанных с аккрецией на них и выбросов из них, в том числе – всевозможных проявлений нестационарности тесных двойных звезд, физики взрывов новых, сверхновых и формирования нейтронных звезд и других сверхплотных объектов, черных дыр различных масс и их проявлений, физики взрывных процессов в источниках гамма-всплесков;

– физики межзвездной и межгалактической среды, включая поиск скрытого барионного вещества, проблемы химической эволюции вещества во Вселенной;

– формирования и эволюции звезд и планетных систем;

– физики межзвездной и межгалактической среды;

– строения и активности Солнца (включая многоволновой мониторинг активных процессов на Солнце и солнечно-земные связи) и звезд;

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

– планетных систем у других звезд;

– фундаментальных систем отсчета и высокоточных эфемерид тел Солнечной системы и их построение.

Кроме того, планируется:

– создание систем контроля и предупреждения астероидно-кометной опасности, контроля солнечной активности, создание и развитие 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).

Представленные результаты и прогнозы определяют дальнейшее развитие не только астрономии, но и смежных направлений фундаментальной и прикладной науки.

Важнейшие достижения

1. Открытия, выполненные на наземно-космическом интерферометре «РадиоАстрон»

Открытие экстремальной яркости ядра квазара 3C273 (рис. 6).

Измерена яркостная температура ядра квазара 3C273 на уровне $2-4 \cdot 10^{13}$ К. Это нарушает известный предсказанный предел яркости синхротронного излучения ядра ($0,5 \cdot 10^{12}$ К), обусловленный резким возрастанием потерь на обратный эффект Комптона.

Полученный результат указывает на необходимость пересмотра механизма излучения ядер квазаров.

Открытие нового эффекта рассеяния на «РадиоАстроне» по наблюдениям квазаров и пульсаров (рис. 7).

На фоне размытого изображения объектов обнаружили компактные пятнышки – суб-структуру рассеяния излучения.

Это позволяет:

- измерить параметры межзвездной среды (расстояние до экрана, плотность, характеристики турбулентности);
- восстановить истинное изображение космического объекта, испорченное рассеянием.

Исследование квазаров позволяет лучше понять физику экстремальных состояний материи, и, в частности, изучить, как «работают» механизмы генерации излучения вблизи сверхмассивных черных дыр. Наземно-космический интерферометр «РадиоАстрон» – один из самых совершенных инструментов для построения радиоизображений квазаров со сверхвысоким угловым разрешением. Он состоит из российского космического радиотелескопа «Спектр-Р», работающего совместно с крупнейшими наземными телескопами.

Работая совместно, космическая и наземные радиообсерватории способны дать наивысшее угловое разрешение, когда-либо достигнутое в астрономии – в тысячи раз выше, чем у космического телескопа «Хаббл». Именно возможности «РадиоАстроны» позволили авторам исследования впервые зарегистрировать экстремальную яркость ядра квазара – в результате было получено значение эффективной температуры излучения от 20 до 40 триллионов градусов Кельвина. Эффективная температура плазмы, из которой состоят джеты квазаров, не может превышать 500 миллиардов градусов. Этот потолок температуры связан с резким возрастанием потерь на обратный эффект Комптона. Однако квазар 3C273 нарушает это ограничение более чем в 10 раз. Полученный результат указывает на необходимость пересмотра механизма излучения ядер квазаров. (ФИАН)

2. Физика тяжелых ионов

Завершен цикл экспериментов по синтезу новых сверхтяжелых элементов Периодической таблицы Д. И. Менделеева с атомными номерами 115, 117 и 118.

Решением Международного союза теоретической и прикладной химии (IUPAC) от 28 ноября 2016 г. новым элементам присвоены названия и символы:

- Московий (Moscovium) и символ Mc для элемента 115;
- Теннессин (Tennessine) и символ Ts для элемента 117;
- Оганесон (Oganesson) и символ Og для элемента 118.

Синтез этих элементов был впервые осуществлен в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова ОИЯИ, являющейся признанным мировым лидером в области синтеза и изучения свойств сверхтяжелых ядер. Всего за последние 16 лет в ОИЯИ были открыты 5 элементов с атомными номерами 114–118 и, таким образом, завершен седьмой период таблицы Д. И. Менделеева (рис. 8).

3. Уникальная научная установка «Инжекционный комплекс ВЭПП-5»: снабжение в крейсерском режиме электронами и позитронами коллайдеров ВЭПП-2000 и ВЭПП-4 для экспериментов с максимальной светимостью

Инжекционный комплекс начал в крейсерском режиме снабжать электронами и позитронами оба коллайдера ИЯФ СО РАН – ВЭПП-2000 и ВЭПП-4 для экспериментов с максимальной светимостью коллайдеров.

Научная установка «Инжекционный комплекс ВЭПП-5» состоит из линейного ускорителя электронов, конверсионной системы, линейного ускорителя позитронов, кольца накопителя-охладителя и каналов транспортировки частиц до двух действующих коллайдеров ИЯФ СО РАН: ВЭПП-4М и ВЭПП-2000. Параметры темпов получения электронов и позитронов, полученные на инжекционном комплексе в 2016 году (см. рис. 9), позволяют коллайдерам ИЯФ СО РАН проводить исследования в области физики элементарных частиц и высоких энергий с максимальной производительностью во всем диапазоне доступных энергий.

4. Эксперимент NA64: поиск темной материи на ускорителе SPS ЦЕРН²

Происхождение и свойства темной материи до сих пор остаются загадкой, несмотря на интенсивные поиски на Большом адронном коллайдере в ЦЕРН и в экспериментах подземных лабораторий. Существует множество попыток расширить Стандартную модель частиц путем включения в нее различных гипотетических представлений о темной материи. Так, сравнительно недавно было выдвинуто интересное предположение, что темная материя не является простым скоплением частиц одного сорта, таких, например, как тяжелое нейтрино, аксион и т.д., а представляет собой более сложное формирование – так называемый «скрытый сектор», состоящий из семейств новых частиц и их взаимодействий, подобно тому, как устроена видимая часть Вселенной.

² ЦЕРН (CERN) — Европейская организация по ядерным исследованиям, крупнейшая в мире лаборатория физики высоких энергий. Аббревиатура CERN произошла от фр. Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (Европейский совет по ядерным исследованиям).

Недавно в ЦЕРН закончился сеанс эксперимента NA64 на ускорителе SPS по поиску частиц скрытого сектора, т.н. темных фотонов (рис. 10). Эксперимент, руководителем которого является сотрудник ИЯИ РАН С.Н. Гниненко, был предложен и проводился в основном силами российских ученых из Института ядерных исследований РАН, ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт», ФИАН и Объединенного института ядерных исследований, а также зарубежными участниками из институтов и университетов Германии, Греции, Чили и Швейцарии.

Одна из трудностей в обнаружении такого скрытого сектора заключается в том, что он взаимодействует с обычным веществом посредством гравитации, которая является крайне слабой. Темный фотон является гипотетической частицей, квантом поля, который переносит новое, дополнительное к гравитации, взаимодействие между скрытым сектором и обычным веществом, подобно тому, как электромагнитное взаимодействие осуществляется путем обмена обычным фотоном. Интересно, что существование темного фотона позволило бы, в том числе, объяснить расхождение между измеренным и вычисленным значением аномального магнитного момента мюона. Обнаружение «темного» электромагнетизма было бы сравнимо с открытием обычного электромагнетизма.

Основные детекторы установки NA64 были созданы в сжатые сроки сотрудниками ИЯИ РАН и ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт» на основе известных российских разработок в области калориметрии. Оригинальной является система мечения высокоэнергичных электронов на основе их синхротронного излучения, предложенная сотрудниками ИЯИ РАН. Первые полученные результаты коллаборации NA64, принятые к публикации в журнале *Physical Review Letters*, позволили исключить объяснение мюонной аномалии за счет темного фотона и установить рекордные ограничения на константы связи темного бозона. Следующий этап работы – физический сеанс в 2017 году, который, будем надеяться, позволит открыть легкую темную материю.

В эксперименте NA64 в ЦЕРНе на ускорителе SPS ведется прямой поиск легких темных фотонов, которые могут возникать в реакции $e-Z$ за счет смешивания с обычными тормозными фотонами, рожденными в столкновениях 100-гэВных электронов с ядрами мишени. Темные фотоны могут распадаться на невидимые частицы темной материи и могут быть зарегистрированы в установке как события с большой потерянной энергией. Для $2,75 \times 10^9$ электронов, провзаимодействовавших с активной мишенью, таких событий не было найдено. Установлены рекордные ограничения на существование легких темных фотонов с массой меньше 100 МэВ и исключена возможность объяснения мюонной $g_{\mu-2}$ аномалии за счет вклада таких фотонов (рис. 11).

5. Измерение спектра прямых фотонов в столкновениях ультрарелятивистских тяжелых ионов

Впервые измерен спектр прямых фотонов (фотонов, излученных непосредственно горячей материей) в столкновениях ядер при сверхвысоких энергиях Большого Адронного Коллайдера. При $p_T < 4$ ГэВ/с обнаружен вклад

термального излучения горячей материи. Параметризация наклона спектра термальных прямых фотонов дает значения $T_{\text{eff}} = 300$ МэВ, что больше ожидаемой температуры фазового перехода из адронного газа в новое состояние вещества – кварк-глюонную материю, ожидающегося при температурах $T_c \sim 160$ МэВ. Полученные данные позволят оценить температуру и скорость коллективного расширения горячей материи. (ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт», коллаборация АЛИСА)

6. Оптические изоляторы Фарадея для детектора гравитационных волн LIGO

Разработаны и созданы уникальные оптические изоляторы Фарадея с параметрами, необходимыми для эффективной работы лазерных интерферометров для детектирования гравитационных волн (рис. 12). Разработанные изоляторы обеспечивают высокую степень изоляции и пренебрежимо малые поляризационные, амплитудные и фазовые искажения, вносимые в лазерный пучок, даже при большой мощности лазерного излучения. Изоляторы были установлены на обсерватории LIGO, которая впервые напрямую зарегистрировала гравитационные волны. (ИПФ РАН, Мухин И.Б., Железнов Д.С., Зеленогорский В.В., Снетков И.Л., Палашов О.В., Хазанов Е.А., Сергеев А.М.)

7. Магнитоёмкостная спектроскопия трехмерного топологического изолятора

Представлены результаты изучения транспортного и ёмкостного отклика тонкой высокоподвижной напряженной пленки HgTe, являющейся трехмерным топологическим изолятором. Показано, что комбинирование представленных методик позволяет не только надежно идентифицировать вклад от различных групп носителей, но и извлечь ранее недоступную информацию о системе. Измерение квантовой ёмкости между затвором и HgTe-пленкой дает прямую информацию о двумерной плотности состояний.

Сравнение поведения возникающих в магнитном поле осцилляций Шубникова–де Гааза, одновременно наблюдаемых в проводимости (панель слева на рис. 13) и ёмкости (справа) исследуемой системы, позволяет сделать следующий вывод о том, что ёмкостная спектроскопия селективно чувствительна к дираковским электронам, расположенным на верхней поверхности пленки HgTe. Об этом свидетельствует более “чистая” ёмкостная диаграмма уровней Ландау по сравнению с транспортной, а также излом, наблюдаемый в диаграмме уровней Ландау при заполнении зоны проводимости электронов (E_c на рис. 13). Это означает, что магнитоёмкостная спектроскопия позволяет зондировать уровни Ландау, формируемые поверхностными электронами, даже в условиях наличия большого количества объемных носителей и, таким образом, является мощным инструментом для изучения любых трехмерных топологических изоляторов, в которых наблюдаются осцилляции ШдГ в перпендикулярном магнитном поле. (ИФП СО РАН)

8. Компактные фемтосекундные оптические часы

Впервые в мире создан макет компактных (транспортируемых) фемтосекундных оптических часов (ФОЧ) на основе Nd(Yb) : YAG/I₂ оптического стандарта частоты и фемтосекундного эрбиевого волоконно-оптического синтезатора частот. Опорная оптическая частота передается от стандарта к синтезатору по волоконно-оптическому кабелю. Стабильность выходных частот ФОЧ определяется, главным образом, соответствующими характеристиками Nd(Yb) : YAG/I₂ оптического стандарта ($\approx 10^{-15}$ за 10000 с).

Разработанные ФОЧ могут быть использованы в глобальных навигационных спутниковых системах, телекоммуникационных технологиях и фундаментальной метрологии, позволяя существенно повысить точность измерений. (ИЛФ СО РАН)

Параметр Аллана, характеризующий стабильность, и внешний вид обоих блоков ФОЧ показаны на рис. 14, 15.

9. Спектротрический комплекс рекордной чувствительности

На уникальном спектротрическом комплексе ИОА СО РАН достигнуты рекордные значения чувствительности по коэффициенту поглощения для фурье-спектрометра с многоходовой 30-метровой оптической кюветой в ИК-диапазоне – лучше 10^{-9} см⁻¹ и для фурье-спектрометра со светодиодными источниками в видимой области – 6×10^{-9} см⁻¹. Получены большие массивы новых высокоточных экспериментальных данных о слабых спектрах поглощения для молекул H₂O и CO₂, влияющих на перенос оптической радиации в планетарных атмосферах. (ИОА СО РАН)

10. Генерация импульсов сверхизлучения при возбуждении электронным пучком поверхностных волн

Впервые экспериментально наблюдалась генерация ультракоротких импульсов сверхизлучения при возбуждении поверхностной волны субнаносекундным пучком релятивистских электронов, движущихся в сверхразмерном гофрированном волноводе. Получены импульсы с центральной частотой 0,14 ТГц, длительностью до 150 нс и рекордно высокой для указанного диапазона пиковой мощностью 50–70 МВт. Эксперименты базировались на результатах теоретического анализа в рамках оригинального квазиоптического подхода и были проведены на компактном сильноточном ускорителе со специально разработанной системой транспортировки замагниченного электронного пучка с высокой плотностью тока ($\sim 5 \times 10^4$ А/см²).

Исследован черенковский генератор мультимегаваттных субтерагерцовых импульсов сверхизлучения со сверхразмерной замедляющей структурой. Возбуждение поверхностной волны обеспечивает пространственную когерентность излучения, а генерация в сверхразмерной структуре, в отличие от возбуждения объемных волн в одномодовых системах, позволяет существенно поднять пиковую мощность излучения, так как при сохранении погонной плот-

ности тока трубчатого пучка можно увеличить интегральный электронный ток. Работа базировалась на результатах теоретического анализа в рамках квази-оптического подхода. Эксперименты проведены на компактном сильноточном ускорителе РАДАН-303. Была специально разработана система коллимации и транспортировки сильноточного электронного пучка в электродинамической структуре в сильном магнитном поле с индукцией до 6 Т. Согласно расчетам и эксперименту, в приборе доминировало возбуждение моды TM₀₁. Получены импульсы излучения с центральной частотой 0,14 ТГц, длительностью менее 150 нс и рекордно высокой для указанного частотного диапазона пиковой мощностью 50–70 МВт. (ИЭФ УрО РАН, ИПФ РАН)

11. Сверхсветовой генератор сверхширокополосного импульсного электромагнитного излучения субнаносекундной длительности

Создан макет сверхсветового генератора сверхширокополосного импульсного электромагнитного излучения субнаносекундной длительности на основе широкоапертурного параболического фотокатода диаметром 200 мм, возбуждаемого ультракороткими лазерными импульсами (рис. 16).

Область применения генератора – задачи связи, зондирования и радиоэлектронной борьбы. Например, устройство обеспечивает безопасность полета самолета в ситуации, когда он запеленгован и уже подвергается атаке теплово-водящими ракетами. (ИОФ РАН, академик РАН Щербаков И.А.)

НАНОТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В области информационных технологий и автоматизации:

Полупроводниковая промышленность – локомотив и катализатор развития глобальных высокотехнологичных рынков. Указом Президента Российской Федерации от 01 декабря 2016 г. № 642 утверждена Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (далее Стратегия). Один из приоритетов Стратегии – обеспечение готовности страны к парированию вызовов и рисков, еще не появившихся и не получивших широкого общественного признания, обусловленных научно-технологическим развитием. Ключевую роль в этом должна сыграть российская фундаментальная наука.

К числу таких неявных вызовов и рисков относится **практическое отсутствие России на глобальном мировом рынке полупроводников.**

По данным SIA 2016 FACTBOOK, полупроводниковая промышленность США контролирует 50% этого глобального рынка, емкость которого в 2015 г. составила \$335 млрд. Доля Кореи на этом рынке – 17%, Японии – 11%, Европы – 9%, Тайваня – 6%, Китая – 4%. По данным CNews100, оборот крупнейшей российской полупроводниковой компании НИИМЭ и Микрон в 2015 г. соста-

вил 11,4 млрд руб., или менее \$200 млн (при курсе \$ – 60 руб.), при численности персонала немногим более 1,5 тыс. человек. Для сравнения, экспорт полупроводников является третьей по величине статьёй экспорта промышленных изделий США после автомобилей (\$55 млрд) и самолетов (\$119 млрд) и составляет \$42 млрд. Полупроводниковая отрасль США обеспечивает около 250 тыс. рабочих мест и еще 1 млн в других отраслях экономики (SIA 2016 FACTBOOK).

Полупроводниковая промышленность (микроэлектроника) является создателем модели товарного производства короткоживущих (1–3 года) высокотехнологичных товаров массового спроса, которая основана на стратегии «двойного сокращения». То есть, сокращения времени жизни производимого продукта, сокращения сроков разработки нового продукта с новыми возможностями и меры принуждения потребителя к приобретению нового продукта взамен старого. Эта модель обеспечила **беспрецедентно высокие темпы** повышения производительности и снижения стоимости полупроводников, что стимулировало переход на эту модель сначала производителей массовой радиоэлектронной аппаратуры и программного обеспечения, а затем производителей бытовой техники – такой, как холодильники, стиральные машины, телевизоры и т.д. Сегодня на основе этой модели ведется, например, производство легковых автомобилей, в том числе, и легковых автомобилей «Мерседес», которые еще 15–20 лет назад считались практически «вечными» машинами. Другими словами, в течение последних 25 лет полупроводниковая промышленность является локомотивом и катализатором развития глобальных мировых рынков, массовых короткоживущих высокотехнологичных товаров массового спроса. По оценкам экспертов, до 40% роста мирового производства в этот период обусловлено экспансией информационно-коммуникационных технологий, локомотивом и катализатором развития которых явилась полупроводниковая промышленность. Именно в этот период были сформированы глобальные мировые рынки полупроводников и финишных радиоэлектронных изделий, емкость последнего из которых составила в 2015 г. около \$1,5 трл.

Практическое отсутствие России на глобальном мировом рынке полупроводников означает, что наша страна **не имеет собственного локомотива и катализатора** технологического развития реального сектора экономики, включая, конечно, и ИТ-отрасль и вынуждена следовать в этой области экономической и технической политике, диктуемой глобальными полупроводниковыми и радиоэлектронными компаниями США, Кореи, Японии, Европы, Тайваня и Китая, являясь в то же время **финансовым и кадровым донором** этих компаний.

Основа новых глобальных технологических рынков – существующие глобальные рынки полупроводников, радиоэлектроники и программного обеспечения. Целевой сценарий научно-технологического развития Стратегии предусматривает создание и развитие частных компаний, способных стать лидерами, в том числе на новых глобальных технологических рынках. К числу технологий, являющихся основой развития внутреннего рынка и устойчивого

положения России на внешнем рынке, в Стратегии отнесены цифровые интеллектуальные производственные технологии, работы с большими объемами данных, создание систем машинного обучения и искусственного интеллекта, повышение эффективности добычи углеводородов.

Эти новые технологии будут принципиально основаны **на существующих технологиях** создания полупроводников, финишной радиоэлектронной продукции и программного обеспечения, то есть эти новые глобальные технологические рынки будут построены на основе **существующих** глобальных мировых рынков полупроводников, радиоэлектроники и программного обеспечения. И эти рынки **формируют и будут формировать уже существующие** лидеры **уже существующих** глобальных мировых рынков, то есть компании, обороты которых исчисляются десятками и сотнями миллиардов долларов, а численность персонала составляет десятки и сотни тысяч человек. А именно такие компании, как INTEL с оборотом \$55 млрд в 2015 г. и числом сотрудников более 100 тыс., APPLE с оборотом \$215 млрд в 2016 г. и числом сотрудников более 110 тыс., MICROSOFT с оборотом более \$86 млрд в 2016 г. и числом сотрудников более 100 тыс.

Основная тенденция формирования этих новых глобальных рынков – переход от модели формирования глобальных массовых рынков полупроводников, радиоэлектронной аппаратуры и программного обеспечения, принципиально основанной на **высокой доходности полупроводников**, к модели формирования глобальных массовых рынков, основанных на **высокой доходности финишной радиоэлектронной продукции**, все основные компоненты которой – элементная база, аппаратура и программное обеспечение – разрабатываются в рамках одной компании и оптимизированы на обеспечение максимальной эффективности продукта в данном сегменте глобального рынка.

Действительно, например, корпорация MICROSOFT уже производит семейство игровых консолей Xbox, а также собственный планшетный компьютер Surface. Кроме того, эта компания ежегодно вкладывает около \$9 млрд в развитие приоритетных направлений исследований, в числе которых искусственный интеллект, работа с большими объемами данных, ERP-системы. В России совместный исследовательский центр Microsoft Research и МГУ им. М.В. Ломоносова уже ведет исследования в области обработки и визуализации больших данных, финансируемые этой корпорацией.

Другой пример – корпорация INTEL, лидер глобального полупроводникового рынка, которая уже производит сетевое оборудование, материнские платы и серверы, и которая вложила значительный объем инвестиций в российскую компанию «Rock Flow Dynamics». Эта компания является резидентом Фонда «Сколково» и занимается разработкой программных систем моделирования нефтяных месторождений.

Эффективность и перспективность стратегии производства массовых короткоживущих, оптимальных в данном сегменте глобального рынка, радио-

электронных изделий на основе элементной базы, аппаратуры и программного обеспечения собственной разработки, в наибольшей степени иллюстрирует путь к успеху корпорации APPLE, которая на январь 2016 г. занимала первое место в мире по рыночной капитализации – \$537 млрд. Первый шаг на этом пути компания, ранее производящая только компьютерную технику, сделала в 2001 году, выпустив в продажу цифровой аудиопроигрыватель iPod. В настоящее время APPLE разрабатывает и производит 64-разрядные микропроцессоры (Apple A7), операционные системы, прикладное программное обеспечение и, на этой основе, целый ряд финишных изделий: мобильные телефоны, планшетные компьютеры, мультимедийные видеопроигрыватели, умные часы, ноутбуки, серверы и т.д.

Искусственный интеллект и методы машинного обучения могут стать основными направлениями развития APPLE в ближайшее время. Одно из возможных применений результатов в этой области – встроенная в продукты APPLE функция сканирования фотографии, которая автоматически определяет, что именно изображено на снимках, каталогизируя их на основе заданных критериев. Это особенно удобно при необходимости отыскать все, что было снято в отпуске или за выходные.

Снижение доходности полупроводниковых производств – основная причина формирования новых глобальных технологических рынков.

Модель развития глобального рынка полупроводниковых радиоэлектронных изделий в течение последних двадцати лет существенно основывалась на высоком росте доходности массовых полупроводниковых производств, связанном с уменьшением стоимости единичного транзистора при переходе к меньшим проектным нормам. Так, например, стоимость одного бита в микросхемах памяти ежегодно снижалась на 30–35%. Однако при переходе от проектных норм 28 нм к 20 нм стоимость транзистора перестала снижаться. Для такой технологии существенно возросли затраты на разработку технологического процесса (до \$1 млрд) и стоимость завода (\$10 млрд), в основном, вследствие высокой стоимости и сложности технологического оборудования (стоимость комплекта фотолитографических устройств и фотошаблонов, например, для проектных норм 32 нм составляет от \$4 до \$6 млн). Рост операционных расходов современного завода, обеспечивающего массовое производство полупроводников, в значительной степени определяются возросшим энергопотреблением, которое достигает 100 Мвт. Это больше потребления многих автомобильных и нефтеперерабатывающих заводов. Как следствие, порог безубыточности, например, для компаний, работающих в сегменте производства микропроцессоров и памяти, составляет, в зависимости от модели производства, от \$3 до \$6 млрд.

Как следствие, существенно **снизилась доходность** полупроводниковых производств, и выросли риски достижения в ближайшие 5–10 лет технических, энергетических, экологических и ресурсных барьеров. К числу этих рисков от-

носится, например, прекращение действия закона Мура. Проблему продления действия Закона Мура после преодоления рубежа 10 нм обсуждали на конференции ISSCC 2015 года представители крупнейших микроэлектронных компаний INTEL, SAMSUNG, TSMC, IBM и др.

По-видимому, 10-нм технологический процесс будет последним, построенным INTEL по чисто кремниевой технологии. Наиболее вероятно, что в 7-нм технологическом процессе кремний заменят полупроводники группы III–V, такие, как индий арсенида галлия (In Ga As).

Основная научная и технологическая проблема, которую необходимо при этом решить – обеспечение приемлемого уровня пространственных дефектов, порожденных разницей типов объединяемых кристаллических решеток. Компании IMEC и IBM уже добились заметных успехов в решении этой проблемы, создав образцы высокоэффективных транзисторов на основе полупроводников группы III–V, то есть имеются реальные предпосылки к продлению Закона Мура, по крайней мере, еще на 5–7 лет. Однако эти технологические успехи, по-видимому, не обеспечат существенного увеличения доходности производства полупроводников вследствие еще более возросшей стоимости технологического оборудования и технологических процессов и, как следствие, доходности производств аппаратуры обработки и передачи данных на их основе и их программного обеспечения. Другими словами, для существующих глобальных рынков полупроводников, радиоэлектронной аппаратуры и программного обеспечения существует реальная угроза их “ширпотребизации” (commoditization). То есть слияния брендовых продуктов в общую массу функционально идентичных GENERIC продуктов, конкурирующих между собой только по цене. Производство ширпотреба не требует проведения затратных НИОКР и характеризуется низкой нормой прибыли.

Из вышеизложенного очевидно следует, что **существующая модель** развития глобальных рынков полупроводников, радиоэлектронных изделий и программного обеспечения, основанная на высоком росте доходности полупроводников, **себя исчерпала**.

Альтернативой этой модели является фактически уже сформированная и успешно апробированная компаниями APPLE, SAMSUNG, LG модель глобального массового рынка, основанная на увеличении доходности финишной радиоэлектронной продукции за счет комплексной оптимизации элементной базы, аппаратуры и программного обеспечения. Фактически, по аналогичной модели развивается и существующий глобальный рынок легковых автомобилей.

Однако уже сегодня очевидно: экономические, энергетические и экологические проблемы как существующей, так и формируемой моделей массового производства короткоживущих высокотехнологических изделий – огромная энергоемкость массовых производств, необходимость утилизации стремительно растущей массы выведенных из эксплуатации автомобилей, телевизоров, компьютеров, мобильных устройств различного назначения и т.д., а также высокий порог безубыточ-

ности этих производств. Все эти проблемы, а также реальная возможность достижения технологических и ресурсных барьеров уже в ближайшие 5–10 лет ставит под сомнение перспективность для реального сектора экономики России модели производства на основе стратегии «двойного сокращения».

Модель технологического и экономического развития России на основе глобальных мировых рынков долгоживущих промышленных изделий высокой надежности и готовности. Альтернативой модели развития на основе глобальных массовых рынков и стратегии «двойного сокращения» является модель развития страны на основе глобальных рынков долгоживущих изделий высокой надежности и готовности. К ним, очевидно, относится продукция таких стратегических отраслей как авиационно-космический комплекс, тяжелое, энергетическое, транспортное и точное машиностроение, атомное энергетическое машиностроение, судостроение, оборонно-промышленный комплекс. Это дорогостоящие изделия, продажи которых на мировом рынке могут обеспечить, наряду с энергоносителями, финансовые потоки, достаточные для устойчивого социально-экономического развития страны.

В рамках этой модели ИТ-отрасль России должна быть нацелена не на завоевание какой-либо доли глобальных мировых рынков массовой короткоживущей ИТ-продукции, а на обеспечение **высокого уровня доходности финишных изделий стратегических отраслей**, то есть, в конечном счете, на обеспечение лидерства на стратегических мировых глобальных рынках.

Аналогичной альтернативой для российской ИТ-отрасли является модель развития, основанная на увеличении доходности финишной радиоэлектронной продукции за счет ее оптимизации под требования финишных изделий стратегических отраслей, с целью увеличения доходности последних. Другими словами, ИТ-отрасль России должна вести разработку и производство таких полупроводников, вычислительной и коммуникационной техники, программного обеспечения, которые, в конечном счете, обеспечивают высокую доходность финишных изделий стратегических отраслей.

Ключевым фактором достижения высокой доходности стратегических изделий являются цифровые технологии их проектирования, производства и эксплуатации, обеспечивающие оптимизацию конструкции изделия, технологии и процесса его изготовления и функционирования. Существенно важными элементами этих технологий является суперкомпьютерное моделирование стратегических изделий, процесса их изготовления и функционирования, результаты которого, в конечном счете, и обеспечивают снижение себестоимости единицы продукции.

Для этого необходимо разработать новые, более точные модели сложных физических процессов, на основе которых функционируют стратегические изделия, поддерживающие их новые вычислительные методы и алгоритмы, и реализующие эти алгоритмы программные системы. Необходимо также разработать суперкомпьютеры с архитектурой и элементной базой, обеспечивающими максимальную эффективность для этих программных систем.

О возможности реализации ИТ-отрасли России только на основе потребностей ее внутреннего рынка. Как уже отмечалось выше, объем продаж массовых короткоживущих электронных устройств (мобильные устройства, телефоны, компьютеры и т.д.) на глобальном мировом рынке этих высокотехнологических изделий составил в 2015 г. \$1,584 трл.

По данным SEMI 2015, объем продаж полупроводников, необходимый для производства этих изделий на соответствующем глобальном мировом рынке, составил в 2015 г. \$378 млрд, то есть 24% от объемов продаж электронных устройств.

Объемы продаж полупроводникового технологического оборудования и расходных материалов, необходимых для производства этой полупроводниковой продукции, составили соответственно в 2015 г. \$42 и \$46 млрд, то есть 2,7 и 2,9% от объема продаж электронных устройств.

По данным Минэкономразвития, объем продаж на внутреннем рынке электронных устройств России составил 658 млрд руб. Исходя из соотношений объемов продаж для глобальных рынков электронных устройств и полупроводников, технологического оборудования и расходных материалов, можно заключить, что годовые объемы продаж на внутреннем российском рынке полупроводников, технологического оборудования и расходных материалов должны составлять соответственно 158 млрд руб. (24%), 18 млрд руб. (2,7%) и 19 млрд руб. (2,9%).

Под эти объемы продаж могут быть сформированы отечественные компании, комплексно решающие проблемы проектирования, серийного производства и сопровождения в течение всего срока эксплуатации, электронной компонентной базы и различных радиоэлектронных устройств, востребованных стратегически важными отраслями России.

Эти объемы продаж позволяют также сформировать отечественные компании, обеспечивающие разработку, производство и серийное сопровождение микроэлектронного технологического оборудования и расходных материалов в объемах, необходимых отечественным компаниям, серийно производящим полупроводники и радиоэлектронную аппаратуру.

Результаты научных исследований СПИИРАН ориентированы на создание технологий, соответствующих Перечню критических технологий Российской Федерации. В числе последних разработок широкий спектр современных информационных технологий:

- технология обработки больших данных (Big data) для решения задач агрегации, нормализации и анализа больших массивов гетерогенных структурированных, полуструктурированных и неструктурированных данных для машинного обучения, мониторинга и управления безопасностью распределенной сети электронных потребительских устройств (internet of things);

- технология поддержки взаимодействия автономных робототехнических систем и пользователей в групповом поведении в окружающем киберфизическом пространстве, в который включаются облачные сервисы и ресурсы;

– технология детектирования объектов внешней среды на основе многопотоковой цифровой обработки информации мультисенсорной системой технического зрения, предназначенная для создания 3D-модели распознаваемого объекта, отличающаяся высокой степенью масштабируемости параллельных алгоритмов и использованием быстрых операций бинарного сравнения;

– технология и компьютерная система паралингвистического анализа естественной речи для автоматического распознавания эмоциональных состояний человека по речи и классификации речевых паралингвистических явлений;

– технология импортозамещения компонентов аппаратного обеспечения их программными реализациями на основе развития концепции программно-определяемых систем;

– технология оценки устойчивости работы информационной системы в условиях социоинженерных атакующих воздействий;

– мультипроцессоры с динамической архитектурой, включая суперкомпьютеры с динамической архитектурой, созданные на основе динамических автоматных сетей, для реализации социокиберфизических систем различного назначения.

Перечисленные технологии готовы к реализации, а ряд из них уже внедрен в отечественных и зарубежных научно-исследовательских и промышленных организациях, ряд из них решают проблему импортозамещения.

Реализация стратегических целей по развитию Дальнего Востока России предполагает ускоренное развитие и применение информационных технологий. Для достижения поставленных задач является важным вопрос наличия соответствующей инфраструктуры и специалистов, которые способны обеспечить поддержку и проведение фундаментальных и прикладных исследований в различных областях наук с использованием современных информационных и вычислительных систем. На базе ВЦ ДВО РАН организован и развивается Центр коллективного пользования (ЦКП) «Центр данных ДВО РАН». Особое место в его деятельности занимают системы высокопроизводительных вычислений.

На базе ВЦ ДВО РАН развернуто ядро Региональной компьютерной сети ДВО РАН, охватывающей все научные центры Дальнего Востока России, что дает возможность предоставить гарантированный доступ к ресурсам ЦКП для ученых региона, обеспечив их соответствующим уровнем специализированной поддержки. В рамках модернизации вычислительного кластера ЦКП «Центр данных ДВО РАН» ВЦ ДВО РАН (2016–2017 гг.) планируется приобрести гибридный вычислительный кластер на базе архитектуры OpenPOWER с 5 расчетными узлами и сетью передачи данных EDR IB с суммарной производительностью не менее 55 Tflops.

Интеграция новых вычислительных ресурсов с системами хранения данных и поддержки научных информационных сервисов, также входящих в состав ЦКП, даст мультипликативный эффект, получаемый за счет предоставления дополнительных вычислительных ресурсов для нужд научных информационных систем, ранее уже получивших поддержку ФАНО России.

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

В настоящий момент идет бурное развитие наногетероструктурной сверхвысокочастотной (СВЧ) полупроводниковой электроники. Основной элементной базой СВЧ-электроники являются монокристаллические интегральные схемы усилителей мощности (МИС УМ) и малошумящих усилителей (МШУ) на основе нитридных и арсенидных гетероструктур. Для их дальнейшего развития требуется усовершенствование технологии роста эпитаксиальных структур, использование атомно-слоевого осаждения тонких пленок, применение невжигаемых омических контактов, а также уменьшение паразитных емкостей сток-затвора в полевых транзисторах. Это позволит увеличить в разы рабочие и предельные частоты усиления по току и мощности.

Одной из основных задач на ближайшие 5–7 лет является увеличение рабочих частот МИС УМ и МШУ, что, прежде всего, связано с перегруженностью существующих диапазонов частот и одновременным развитием информационно-телекоммуникационных систем нового поколения (например, новых систем сотовой связи поколения 5G). Кроме того, уже сейчас интенсивно развиваются системы широкополосной связи, а также терагерцовые источники и детекторы (для частотного диапазона 0,1–10 ТГц) для современных систем безопасности и противодействия терроризму в местах массового скопления людей и на транспорте. К примеру, в настоящий момент ИСВЧПЭ РАН совместно с коллегами из СПБАУ РАН и ИФМ РАН разрабатывает квантово-каскадные лазеры ТГц диапазона, а в сотрудничестве с ИФП РАН – фотопроводящие источники на основе фотопроводящих антенн для генерации и детектирования ТГц излучения. В ИРЭ РАН разрабатываются новые устройства для сверхбыстрой энергоэффективной обработки, передачи и хранения информации, включая системы-на-кристалле на базе эффектов спинтроники и спинфотоники с рабочими частотами до 20 ТГц.

Еще одним важнейшим направлением работ в области разработки телекоммуникационных систем и элементной базы терагерцового диапазона является сверхпроводниковая электроника. Возможность создания приемных устройств с рекордными параметрами на основе сверхпроводниковых наноструктур объясняется как чрезвычайно высокой характерной частотой и сильной нелинейностью таких элементов, так и их предельно низкими собственными шумами, обусловленными природой элементов и криогенной рабочей температурой. Использование методов нанотехнологии и интеграция отдельных элементов в единое устройство дают возможность создания компактных супергетеродинных приемных устройств с предельной (квантовой) чувствительностью, некогерентных широкополосных детекторов и устройств обработки сигналов с уникальным набором параметров, которые не могут быть достигнуты на основе традиционных подходов и технологий. В ИРЭ РАН успешно работает единственный в России технологический комплекс для получения сверхпроводниковых наноструктур. Будут созданы приемные устройства ТГц диапазона

с шумовой температурой, лишь в 2–3 раза превышающей квантовый предел, и высоким спектральным разрешением, а также интегральные генераторы гетеродина ТГц диапазона для проведения широкого круга исследований и практических приложений. Развитие данного направления (в кооперации с ИПФ РАН и ИФМ РАН) будет способствовать созданию новых видов научно-технической продукции для научных исследований (радиоастрономия, мониторинг атмосферы Земли, спектроскопия) и практических приложений (медицинская диагностика, системы безопасности, полностью защищенная связь космических аппаратов в ТГц диапазоне).

Таким образом, мы считаем, что интеграция научных коллективов является необходимым условием создания конечной и качественной продукции.

В настоящее время имеет место переходный период в развитии вычислительной техники, в особенности в области высокопроизводительных вычислительных систем. Эволюционное развитие, связанное с использованием доступных микропроцессоров, зашло в тупик. Монопольное положение в электронике и экономические факторы привели к тому, что микропроцессоры, разработанные для персональных компьютеров, стали основой практически всех высокопроизводительных вычислительных систем. Стало очевидным, что переход к эксаплосным системам невозможен без революционного перехода к новым архитектурам процессоров и систем.

Суперкомпьютерные системы на собственной элементной базе выпускают только США, Китай и Япония. В других странах, в том числе в России, все такие системы собраны на американских микросхемах.

При создании новых систем необходимо отдать приоритет системам на отечественной элементной базе. Основными причинами такого подхода являются обеспечение безопасности и экономическая целесообразность. Надежность систем зависит и от фактора внешнего или запрограммированного воздействия, что при применении импортной элементной базы исключить нельзя. Развитие собственной элементной базы является важным фактором стимулирования экономического развития, оказывающим влияние практически на все отрасли экономики. Следует подчеркнуть, что известная практика импортозамещения, являющаяся практически копированием зарубежных образцов, должна быть сведена к минимуму. В новых разработках необходимо опираться на последние достижения отечественной и мировой науки для создания отечественной технологической базы. Заделом таких разработок являются исследования по мультиархитектурным вычислительным суперсистемам, выполненным в Физико-технологическом институте РАН.

К числу основных оригинальных концепций, лежащих в основе проекта суперсистемы, относятся: неоднородность и мультиархитектура вычислительных средств; масштабируемая и конфигурируемая основная машина; функционально-специализированные вспомогательные машины; специализация сетей; обеспечение локальности данных; распределенная операционная система; взаимная адаптация прикладных программ, архитектуры и операционной систе-

мы. Многие концепции, предложенные при проведении исследований, опережали зарубежные разработки на 5–10 лет.

В области нанотехнологий:

В области нанотехнологий можно выделить целый ряд перспективных направлений, в разработке которых ведущие роли принадлежат членам ОНИТ и входящим в его состав институтам РАН.

1) Разработка различных приборов и устройств на основе сверхрешеток. Прежде всего это относится к созданию новых высокоэффективных лазеров для различных спектральных диапазонов для электроники и фотоники. Например, в 2016 г. совместными усилиями СПбАУ РАН и ИСВЧПЭ РАН была разработана полностью отечественная технология квантово-каскадных лазеров ТГц диапазона. В качестве источника широкополосного терагерцового излучения разрабатываются фотопроводящие слои $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$. Технология молекулярно-лучевой эпитаксии позволила достигнуть значительного прогресса в области наноструктурных солнечных элементов на кремниевых подложках, обладающих рекордными КПД, а также разработать фотоприемники на основе сверхрешеток для среднего ИК-диапазона 3–5 и 7–12 мкм (ИФП СО РАН).

2) Разработка новых принципов и устройств для сверхбыстрой энергоэффективной обработки и передачи информации, систем-на-кристалле на базе эффектов спинтроники и спинфотоники с рабочими частотами до 20 ТГц. В ИРЭ РАН разрабатываются способы реализации активных и пассивных твердотельных устройств генерации, приема и обработки сигналов субтерагерцового и терагерцового диапазона частот на основе гибридных наногетероструктур: преобразователей спинового тока, наноосцилляторов на эффекте переноса спинового момента, перестраиваемых по частоте детекторов, пассивных приемников когерентного излучения, логических вентилях. Гибридные наногетероструктуры – основа новых устройств для сверхбыстрой энергоэффективной обработки информации с использованием магнанных нейроморфных процессоров, массивов наноосцилляторов и адаптивных шин спиновых волн, маршрутизаторов магнанных сигналов, фазового кодирования сигналов и нейроморфной сети, осуществляющей связь между наноосцилляторами, их взаимную синхронизацию и квазиголографическую обработку сигналов.

3) Разработка датчиков и сенсоров с предельно высокой чувствительностью, в том числе для работы в жестких условиях. В ИРЭ РАН разработаны датчики для контроля температуры и деформации на основе волоконных брэгговских структур с термостойкостью до 500°C, стойкостью к ионизирующему излучению до десятков мегагрей, сенсоры с высокой чувствительностью на основе малощумящих одночастотных волоконных лазеров с ультракоротким резонатором. Сенсоры позволяют достичь динамического диапазона измерений до 160 дБ за счет понижения порога чувствительности, могут быть использованы в системах сканирования и комплексного контроля надводной и подводной обстановки.

4) Технологии создания микро- и наноструктур, которые безусловно относятся к числу мировых приоритетов и основаны на использовании методов литографии, плазменной, пучковой и лучевой обработки материалов; они начинают играть ключевую роль при функционализации поверхности элементов конструкций (снижение коэффициента трения, наведенная гидрофобность, улучшенные автоэмиссионные свойства). В ИФП СО РАН и ИОФ РАН предложены гибридные многоуровневые технологии формирования 3D-структур, дополняющие аддитивные технологии. В результате открывается возможность создавать перспективные компоненты фотоники и плазмоники. Разработаны физико-математические модели расчета основных параметров функциональных элементов и устройств на основе массивов углеродных нанотрубок (ИНМЭ РАН). Особый интерес вызывают метаматериалы – квазипериодические структуры из диэлектриков с элементами из полупроводников или металлов, характерные размеры которых должны быть меньше длины волны излучения. В теоретической разработке таких устройств и создании модельных объектов ведущая роль принадлежит ИСОИ РАН. В ИРЭ РАН на базе метаматериалов разрабатываются плазмонные и магнотонные фильтры, модуляторы, нановолноводы с рекордной дальностью распространения электромагнитных волн; на базе мультиферроидных наноструктур разрабатываются быстродействующие элементы энергонезависимой магнитоэлектрической памяти с произвольным доступом и рекордно низкими энергозатратами. Размер элементов памяти 100×100 нм, время считывания информации не более 0,3 нс. В ИФМ УрО РАН разработана магнетронная технология изготовления наноструктур с гигантским магниторезистивным эффектом. По своим функциональным характеристикам полученные наноструктуры спинтроники не уступают зарубежным аналогам. Впервые синтезированы кристаллы диоксида кремния с применением природной технологии биоминерализации, основанной на использовании рекомбинантного белка силикатина, выделенного из скелета глубоководной стеклянной морской губки (ИАПУ ДВО РАН).

5) Разработка источников одиночных фотонов является одной из ключевых проблем в квантовой оптике. Здесь можно выделить успехи в создании микролазеров в СПбАУ РАН, которые могут стать основой для оптических систем передачи и обработки информации на плате. Другим перспективным направлением является разработка источников одиночных фотонов на базе центров окраски азот-вакансия в CVD алмазе (ИОФ РАН).

6) Создание новых наноматериалов и технологий их производства открывает все новые возможности внедрения нанотехнологий в различных отраслях промышленности. Из последних результатов здесь можно выделить новые диэлектрические покрытия на основе оксида графена (ИФП СО РАН), прозрачные пленки из заполненных одностенных углеродных нанотрубок с низким электрическим сопротивлением, а также легированные с помощью наночастиц редкоземельных элементов алмазные пленки – люминесцентные визуализаторы излучений (ИОФ РАН), полимернеорганические композиты, в которых

размер неорганической фазы не превышает 50 нм, наноструктурированные металлические и керамические композиционные материалы (СПБПУ). Разрабатываются методы получения функциональных наноструктурированных материалов с многоуровневой наномикромезомакροструктурой и на основе наночастиц различного состава, микроволновые плазменные технологии создания кремний-углеродных наноструктур для новой радиационно-стойкой элементной базы микро- и вакуумной СВЧ электроники (ИРЭ РАН).

7) Разработка нового технологического и диагностического оборудования. В области структурной биологии макромолекул основные перспективы связаны с развитием двух новых методологических подходов: использованием диагностики с помощью импульсного рентгеновского лазерного излучения (в ближайшее время в рамках международных проектов) и криоэлектронной микроскопии (ФИЦ Биотехнологии РАН и НИЦ «Курчатовский институт»), а также с использованием мощных нейтронных источников в Дубне и С.-Петербурге. Разработан проект EUV литографии на базе мощного лазера на свободных электронах (ИЯФ СО РАН). В Технопарке Новосибирского Академгородка запущена в работу пилотная промышленная установка для синтеза углеродных нанотрубок производительностью до 10 тонн/год, которые по оригинальной технологии можно вводить в материалы. Успешно развивается наноспрейная технология анализа смесей биологических веществ (ИНЭПХФ РАН).

8) Таргетная доставка препаратов и лекарств с помощью наноструктур является одной из наиболее актуальных задач медицинской физики. Наиболее динамично развивающимся направлением здесь является использование в качестве носителей различных наночастиц, в том числе гибридных многофункциональных (ИБХ РАН). Из последних достижений можно выделить использование апконверсионных наночастиц, накачиваемых ИК-лазерным излучением и передающих возбуждение на фотосенсибилизаторы (рибофлавин или фталоцианины). Этот подход (ИПЛИТ РАН и ИОФ РАН) позволяет реализовать эффективную фотодинамическую терапию глубокозалегающих опухолей. Другой подход, также позволивший получить замечательные лечебные результаты, заключается в разработке и применении модульных молекулярных транспортеров (ИБХ РАН). Вирусоподобные частицы, полученные на основе белков оболочки вирусов растений, в последнее время рассматриваются как основа для создания новых биомедицинских препаратов, в том числе вакцин (МГУ). Следует также выделить успешные работы по технологиям модификации геномов животных (ИЦиГ СО РАН), а также предложенную и экспериментально подтвержденную в СПБАУ РАН теорию индуцированного апоптоза опухолевых клеток с помощью импульсного лазерного излучения, позволившую разработать новый высокоэффективный способ лазерного фотодинамического лечения онкологических заболеваний человека.

Разработка акусто- и наноэлектронных химических и биологических датчиков. В настоящее время в ИРЭ РАН совместно с ИОНХ РАН реализован датчик влажности, основанный на использовании акустоэлектронных технологий и

пленок оксида графена, обладающий рекордной чувствительностью 0,03% RH. Разработан макет решетки акустоэлектронных датчиков, предназначенный для идентификации жидкостей без использования чувствительных покрытий. Совместно с ИБФРМ РАН разработан акустоэлектронный метод определения чувствительности микробных клеток к бактериофагам. Разработаны акустоэлектронные идентификаторы бензина, позволяющие проводить его экспресс-анализ в бытовых условиях. Совместно с МГУ и ИБФМ РАН проводятся работы по созданию гибридных акустонаноэлектронных биологических датчиков, обладающих повышенной чувствительностью и расширенной функциональностью.

9) Разработка новых нанобиотехнологических методов и устройств. В СПбАУ РАН разработан новый экспериментальный метод и электронное устройство на основе полупроводниковых наноструктур с микрорезонаторами для детектирования и идентификации ДНК (генов) в концентрации до 200 пг/мкл жидкости, в терагерцовом диапазоне частот, совпадающем с резонансной частотой ДНК.

10) Разработка акусто- и наноэлектронных химических и биологических датчиков. В настоящее время в ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН совместно с ИОНХ РАН реализован датчик влажности, основанный на использовании акустоэлектронных технологий и пленок оксида графена, обладающий рекордной чувствительностью 0,03% RH. Разработан макет решетки акустоэлектронных датчиков, предназначенный для идентификации жидкостей без использования чувствительных покрытий. Совместно с ИБФРМ РАН разработан акустоэлектронный метод определения чувствительности микробных клеток к бактериофагам. Разработаны акустоэлектронные идентификаторы бензина, позволяющие проводить его экспресс-анализ в бытовых условиях. Совместно с МГУ и ИБФМ РАН проводятся работы по созданию гибридных акустонаноэлектронных биологических датчиков, обладающих повышенной чувствительностью и расширенной функциональностью.

Важнейшие достижения

1. «Фотоактивация рибофлавина с помощью апконвертирующих наночастиц для лечения рака» (рис. 17)

Были разработаны новые биосовместимые наноконструкции – апконвертирующая наночастица/эндогенный фотосенсибилизатор (рибофлавин или витамин B2), активируемые излучением ближнего ИК-диапазона, для глубокой фотодинамической терапии и оптической люминесцентной диагностики онкологических заболеваний. В наноконструкции реализуется высокоэффективный безызлучательный транспорт энергии от наночастицы на молекулу рибофлавина с целью наработки активных форм кислорода. На ксенографтной модели аденокарциномы молочной железы SK-BR-3 была продемонстрирована эффективная фотодинамическая терапия, при однократном воздействии наблюдалось торможение роста опухоли и уменьшение ее объема на 90%. (ФНИЦ

«Кристаллография и фотоника» РАН, ИПЛИТ РАН. Авторы: Хайдуков Е.В., Миронова К.Е., Семчишен В.А., Генералова А.Н., Нечаев А.В., Хоченков Д.А., Степанова Е.В., Лебедев О.И., Звягин А.В., Деев С.М., Панченко В.Я.)

2. Разработан и апробирован алгоритм формирования замыканий Га-луа, позволяющий ускорить проверку замкнутости множеств. Результат ориентирован на использование при интеллектуальном анализе данных мониторинга безопасности в распределенных информационно-вычислительных сетях (рис. 18). Уточнение понятия сходства как алгебраической операции – процедурная основа многих современных методов интеллектуального анализа данных, однако в ряде важных приложений (в частности, при управлении информационными потоками в компьютерных сетях, обеспечении информационной безопасности в облачных средах и др.) применение подобной математической техники оказывается ограниченным объемами вычислений при обработке больших объемов данных в режиме реального времени.

Предлагаемый метод ускорения вычислений является существенным продвижением в преодолении этих трудностей. Он применен в ряде задач управления потоками сообщений в компьютерных сетях и контроля содержимого пересылаемых пакетов. (ФИЦ ИУ РАН Авторы: д.ф.-м.н. Грушо А. А., к.ф.-м.н. Грушо Н.А., к.ф.-м.н. Забежайло М. И., д.т.н. Зацаринный А. А., д.т.н. Тимонина Е. Е.)

3. Разработка нефтяных месторождений на основе суперкомпьютерных информационных технологий

Согласно действующему Проекту энергетической стратегии России на период до 2035 г., важнейшим направлением стабилизации добычи нефти и воспроизводства сырьевой базы нефтедобычи в стране определен ввод в промышленную разработку нетрадиционных запасов баженовской свиты (т.е. группы нефтематеринских горных пород, выявленных на территории около 106 км² в Западной Сибири).

Разрабатываемый новый отечественный термогазовый способ разработки баженовской свиты (рис. 19) существенно основывается на оперативном использовании компьютерной геолого-термогидродинамической модели месторождения, непрерывно обновляемой за счет поступления информации о пласте, скважинах и происходящих в них процессах. Разработан проект создания такой компьютерной модели, как основы систем цифрового управления процессом разработки нефтяного месторождения. (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН. Авторы: академик РАН Бетелин В.Б., проф. Боксерман А.А., лауреат Ленинской премии Грайфер В.И.)

4. Управление слоистым течением вязкой несжимаемой жидкости в модели магнитной гидродинамики (МГД)

Рассмотрена задача управления потоком вязкой несжимаемой жидкости в рамках модели МГД. Исследовано явление внутреннего тепловыделения на

примере слоистого плоского течения жидкости, для которого строго выполняется диссипация кинетической энергии в тепловую. Исследовано влияние, оказываемое электромагнитным полем протекающей жидкости на внешнюю среду, рассмотрены методы управления течением в связи с технологией «цифровые недра». (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН)

5. Высокоэффективные коды для применения в облачных системах хранения больших данных

Построены коды с малой избыточностью (т.е. высокой скоростью передачи), которые могут быть использованы и как компоненты высокоэффективных сверточных кодов, и как коды для исправления ошибок в оперативных запоминающих устройствах (ОЗУ). Показано, что данные коды более эффективны для применения в ОЗУ, чем наиболее широко используемые для этой цели в настоящее время коды БЧХ. Предложены новые конструкции кодов с локальным исправлением ошибок (т.е. кодов над конечным алфавитом, в которых каждый знак определяется как функция небольшого числа символов исходного сообщения, образующих т.н. восстанавливаемое множество), которые могут быть эффективно использованы в «облачной» инфраструктуре распределенного хранения данных. (ИППИ РАН)

6. Математическое моделирование функционирования сети онкомаркеров p53–микроРНК

На основе анализа известных экспериментальных данных построена математическая модель динамики сети p53–miR для класса микроРНК, состоящих в прямой положительной связи с белком p53. Адекватность математической модели подтверждается качественным согласием результатов численного анализа с известными данными лабораторных исследований. Результаты расчетов демонстрируют возможность использования микроРНК рассмотренного класса в качестве диагностических онкомаркеров и маркеров дегенеративных заболеваний. (ИВТ СО РАН. Авторы: д.ф.-м.н. Воропаева О.Ф., акад. РАН Шокин Ю.И., Сенотрусова С.Д.)

7. Гибридный эволюционный подход к динамической маршрутизации группы автономных подводных роботов в задаче патрулирования

Разработан оригинальный подход к решению задачи коллективного патрулирования акватории автономными подводными роботами (АПР), как задачи групповой маршрутизации. Подход обеспечивает: учет приоритетов выделенных областей акватории и соответствующих им множеств целевых точек, требующих посещения; разнородность характеристик роботов группы; динамическое изменение множества целей и/или их приоритетов, состава группы и характеристик АПР. Для планирования движения АПР применяются модифицированные эволюционные алгоритмы, позволяющие эффективно генерировать групповые траектории, обеспечивающие своевременный обход

патрулируемой территории и сеансы связи группы для корректировки миссии. (ИДСТУ СО РАН. Авторы: ак. РАН Бычков И.В., к.т.н. Максимкин Н.Н., прогр. Кензин М.Ю.)

8. Разработан источник широкополосного терагерцового излучения (до 6 ТГц) с фотопроводящим слоем $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ с различной мольной долей индия

Разработан источник с интенсивной ТГц генерацией. Впервые предложено использование метаморфного для эпитаксиального роста фотопроводящего слоя $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ с мольной долей индия $x = 0,53-0,7$. Таким образом, возможно изменять ширину запрещенной зоны $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ и подстраивать ее под диапазон оптической накачки лазером. В эффективном источнике ТГц излучения мощность генерации на несколько порядков выше, чем в низкотемпературном GaAs (НТ GaAs). Кроме того, дальнейшее увеличение индия в слое $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ позволит увеличить эффективность преобразования оптического излучения в ТГц. (ИСВЧПЭ РАН. Авторы: Пономарев Д.С., Хабибуллин Р.А., Ячменев А.Э., Мальцев П.П.)

9. Новый метод функционального контроля комбинационных схем

Метод основан на построении схем кодирования в базисе полей Галуа. Позволяет обнаруживать и исправлять ошибки на выходах комбинационной схемы. Обеспечивает управляемость и предсказуемость процесса проектирования схем при достижении оптимального сочетания заданных требований по сбоеустойчивости и минимизации структурных затрат. В основе предлагаемого метода лежит новый подход в проектировании сбоеустойчивых комбинационных схем, основанный на синтезе данных схем в базисе конечных полей Галуа с булевыми коэффициентами. Проведенные эксперименты показали высокую эффективность метода с точки зрения характеристик обнаружения ошибок, а также обозначили наилучшую область его применимости. (ИППМ РАН. Авторы: академик РАН Стемпковский А.Л. (рук. работы); д.т.н. Гаврилов С.В.; к.т.н. Тельпухов Д.В.)

10. На основе проведенных исследований была разработана технология эпитаксиального роста и отделения гетероструктур на основе нитрида галлия от подложек сапфира с использованием промежуточного слоя графена, осаждаемого на поверхность подложки в едином с ростом гетероструктуры эпитаксиальном процессе. Было показано, что интенсивность излучения светодиодных гетероструктур, отделенных от подложек сапфира, практически совпадает с интенсивностью излучения светодиодных гетероструктур, выращенных непосредственно на подложках сапфира. (НТЦ микроэлектроники РАН)

11. Предложены новые резонансные структуры нанофотоники (резонансные дифракционные решетки, системы однородных слоев), которые позволяют эффективно реализовать широкий класс преобразований световых

волн с помощью сверхкомпактных устройств, в том числе в геометрии «на чипе». Показано, что резонансные дифракционные решетки и брэгговские структуры толщиной в несколько длин волн могут заменить когерентный оптический фурье-процессор и эффективно выполнить ряд базовых операций, включающих дифференцирование и интегрирование оптического сигнала по пространственным переменным, вычисление оператора Лапласа, оптическое решение дифференциальных уравнений. (ИСОИ РАН. Авторы: Досколович Л.Л., Быков Д.А., Безус Е.А.)

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. Энергетические технологии формируются на базе таких физико-технических дисциплин, как электрофизика и электротехника, теплофизика и теплотехника, гидравлика и гидротехника, атомная физика и техника, газовая динамика, прочность, материаловедение и их сочетания при создании нового энергетического оборудования, одного из сложнейших во всех видах техники. На разработку энергетических технологий приходится до 70% исследований в области энергетики. Отбор таких технологий проводится по критериям экономической эффективности и экологической приемлемости с учетом всех аспектов надежности и управляемости. Одним из важных направлений энергетической науки является исследование и конструирование энергетических систем. Причем пространственное развитие энергетики предусматривает создание различных систем, имеющих физико-техническую основу в виде трубопроводных и электрических сетей и одновременно являющихся сложными производственными системами.

Перед энергетической наукой стоит задача определения приоритетов научно-технологического прогресса с учетом мировых тенденций, но отвечающих российским условиям. На решение масштабных и перспективных задач энергетики направлены исследования, выполняемые в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг., программ Президиума РАН и Комплексной программы ОЭММПУ РАН по профилю энергетики на 2013–2020 гг., а также проектов Российской академии наук для участия в реализации направлений технологического прорыва по направлению «Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе разработка новых видов топлива».

Особенно важна категория проектов, включающих технологии, приоритетные для возможной реализации. К ним относятся проекты: «Процессы газоди-

намики и теплообмена в перспективных установках водородной энергетики», «Проблемы теплофизики многофазных потоков применительно к совершенствованию высокоэффективных парогазовых установок нового поколения», «Исследование оптимального энергетического облика регионов, использующих осваиваемые отечественным производством газовые турбины», «Новые сверхпроводящие материалы и токонесущие элементы на их основе».

Осуществление названных и других проектов позволит решить сложный комплекс научно-технических вопросов современных энерготехнологий и осуществить решающий прорыв в энергетике, создав надежную базу для динамичного развития всех сопряженных отраслей экономики России.

Машиностроение является материальной базой научно-технического прогресса страны, всех секторов ее экономики и национальной безопасности и должно обеспечить перевод всех отраслей на новую технологическую базу, обеспечивающую снижение материалоемкости 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. В основе развития машиностроения лежат новые технологии, базирующиеся на новых явлениях, установленных в перечисленных областях знания. Разработка таких технологий является основной проблемой научного обеспечения машиностроения. Машиноведение является междисциплинарной наукой о технологиях, используемых при создании машин, машинах, машинных комплексах и сложных системах «человек – машина – среда», динамике машин, волновых и вибрационных процессах в технике, ресурсе, живучести и безопасности машин и сложных технических систем. В качестве комплексных проблем машиноведения рассматривается разработка новых технологий, повышение безопасности машин, снижение техногенных и технологических рисков для всех объектов народного хозяйства.

Машиноведение и машиностроение должны обеспечить технологическую независимость страны и совершенствование национальной технологической базы. Исходя из анализа состояния машиностроительного комплекса страны и прогнозных оценок его развития, определена направленность дальнейших фундаментальных и прикладных разработок по проблемам машиноведения и машиностроения, общая структура фундаментальных, поисковых и прикладных исследований междисциплинарного характера в области машиноведения и машиностроения. К числу приоритетных направлений отнесены анализ и синтез сложных машинных комплексов, эргономика и биомеханика человеко-машинных систем, динамика машин и вибрационные процессы в технике, перспективные материалы и технологии машиностроения, повышение надежности и бесшумности машин.

В последние годы была разработана нелинейная волновая механика. В процессе ее создания открыт ряд нелинейных волновых и колебательных явлений

и эффектов, которые были положены в основу наукоемких перспективных технологий, так называемых волновых технологий, получивших распространение в России и за рубежом в ряде отраслей техники.

Разработка и существенное развитие фундаментальных проблем в области нелинейной волновой механики и волновых технологий, а также постановка и решение новых научных и прикладных проблем на стыке наук (нелинейной механики, химии, физики) привели к созданию нелинейной резонансной волноводной микро- и макромеханики пористых сред, волновой микрогидромеханики. В настоящее время проводятся исследования по их приложениям и созданию новых направлений технологических процессов.

Для реализации наукоемких технологий проводятся исследования по разработке и развитию соответствующих новых направлений машиностроения – управляемых машин и аппаратов, технологий, автоматизированных технологических линий и энергосберегающих технологий на волновых принципах, позволяющих достичь решения крупных народно-хозяйственных задач России в самых различных отраслях промышленности. Ниже предложены наиболее типовые актуальные направления научных и прикладных проблем: проблемы волновой механики в повышении эффективности процессов бурения, в том числе глубокого бурения (увеличение скорости проходки, приготовление высококачественных буровых растворов и т.п.); волноводная резонансная микро- и макромеханика пористых сред и повышение нефтеотдачи пластов в истощенных месторождениях в обжитых районах; создание техники с системой управления и измерений; исследование мощных кавитационно-волновых процессов с целью добычи и транспорта сверхвысоковязких нефтей; повышение эффективности массообменных процессов в нефтепереработке и нефтехимии; проблемы нелинейной механики в химической технологии, в экологии, в пищевой промышленности; разработка волновых машин и научных основ волновых технологий; разработка научно-технических проблем получения материалов: строительных материалов высокой прочности за счет волновых процессов смешения, активация компонентов, композиты, нанокompозиты высокой прочности для авиации, ракетно-космической техники; в агропромышленном комплексе, в медицинской технике (микрогидромеханика) и в фармацевтике; разработка волновых машин и технологий; повышение надежности, безаварийности, бесшумности в авиационной, ракетно-космической технике, в подводных аппаратах, в трубопроводных системах (в том числе АЭС) и в гидросооружениях (типа Саяно-Шушенской ГЭС) на базе нелинейной механики.

Создаются новые и совершенствуются существующие методы анализа и синтеза сложных механических систем «механизм–привод–управление» как составной части механических управляемых объектов различного назначения и принципа действия. Изучаются нелинейные процессы деформирования, повреждения и разрушения материалов, машин и конструкций при различных (в том числе экстремальных) условиях нагружения. Разрабатывается обобщенная

теория нелинейной и волновой механики и технологий, обосновывающая создание перспективных образцов новой техники для нефтегазового, строительного и оборонного машиностроения.

Ведутся фундаментальные исследования по проблемам прочности, ресурса, живучести и безопасности машин и сложных технических систем, являющихся объектами технического регулирования, опасных производственных объектов и критически важных для национальной безопасности объектов инфраструктуры. Разработаны научные основы комплексных методов термомеханического и физико-химического упрочнения несущих элементов машин в условиях штатных и экстремальных воздействий. Разрабатываются методы диагностики физико-механического состояния критических зон машин и конструкций в условиях сложных напряженных состояний. Ведется разработка робототехнических систем для выполнения работ в условиях вредных и опасных для человека. Ведутся исследования рабочих процессов, динамики ресурса и экологии новых машин и энергоустановок, использующих нетрадиционные энергоносители (ядерные, водородные, газовые).

Результаты фундаментальных исследований используются в совместных разработках научных учреждений РАН, НИИ и конструкторских бюро, а также в атомном и тепловом энергомашиностроении, ракетостроении, авиации, на железнодорожном и автомобильном транспорте, в нефтегазовом и химическом комплексах.

Механика – фундаментальная наука, которая является одной из основ реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента страны № 642 от 01.12.2016 г. Продвижение в целом ряде приоритетных направлений развития науки РФ, в создании многих критических технологий РФ непосредственно связано с достижениями механики. Фундаментальные результаты, полученные в области механики, 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 ее обороноспособности. Опережающее развитие механики в тесном взаимодействии с другими фундаментальными науками – необходимое условие реализации программ модернизации и инновационного развития РФ.

Традиционно механику разделяют на следующие разделы: общая и прикладная механика, механика жидкости газа и плазмы, механика деформируемого твердого тела, трибология, механика природных процессов и биомеханика.

В области общей и прикладной механики будут решены новые фундаментальные задачи динамики космических тел и управляемых аппаратов, выполнено развитие теории устойчивости движения, будут развиты методы компьютерного моделирования и алгоритмов оптимального управления движением, в том числе с учетом сил трения, систем тел, разработаны принципы движения мобильных роботов для перемещения в различных средах.

В области механики жидкости, газа и плазмы получат дальнейшее развитие математические модели и методики расчета сплошных сред с учетом механических, тепловых, в том числе с учетом микро- и макроскопических, физико-химических превращений.

В области гидромеханики будут созданы методы решения систем кинетических уравнений и уравнений механики сплошной среды, позволяющие проводить исследования отрывных, вихревых и турбулентных течений в широком диапазоне чисел Рейнольдса, механизмов генерации и подавления шума, смешения и потери устойчивости потоков жидкости, газа и плазмы, возникновения и развития турбулентности.

В области газовой динамики будут проводиться исследования неравновесных физико-химических процессов в камерах сгорания прямоточных двигателей высокоскоростных летательных аппаратов с учетом газовой детонации и динамически изменяющейся геометрической конфигурацией, новые высокоэффективные методы и программные комплексы для численного моделирования газогидродинамических течений с использованием суперкомпьютеров различной архитектуры.

В области физической и химической газодинамики будут проводиться исследования газодинамических процессов в реальных газах и плазме высокой плотности, развиваться теоретические основы для разработки перспективных двигателей, в том числе – детонационных, ионных, плазменных и ядерных; разрабатываться разрушаемые и неразрушаемые теплозащитные материалы, разрабатываться новые способы управления потоком в гиперзвуковой аэродинамике, развиваться методы расчета гиперзвукового обтекания летательных аппаратов сложной формы.

В области механики деформируемого твердого тела (МДТТ) будут решены фундаментальные задачи физики и механики деформирования и разрушения сплошных структурированных материалов, в том числе в экстремальных условиях; будут разрабатываться фундаментальные основы проектирования объектов (материалов, изделий, конструкций, сооружений) с многоуровневой (наномикромезомакро) структурой и повышенными служебными характеристиками деформирования, прочности, трещиностойкости, долговечности, износостойкости. Будут разработаны фундаментальные основы проектирования наукоемких технологий, в частности комплекса технологий формообразования, включая аддитивные технологии; прорывных технологий получения полупроводниковых материалов и гетероструктур для нано- и микроэлектроники.

В области трибологии будут проводиться исследования контактного взаимодействия деформируемых тел с учетом наличия смазочного слоя и многомасштабной структуры контактирующих поверхностей; предусматривается развитие методов повышения износостойкости машин и механизмов.

В области механики природных процессов будет развиваться механика природных объектов и многомасштабных технических систем в целях повышения эффективности существующих и создания новых технологий добычи

углеводородного сырья (в первую очередь, применительно к месторождениям с труднодоступным сырьем), его транспортировки и переработки, для решения проблем освоения Арктики, проблем прогнозирования катастрофических проявлений природных процессов и разработки технических средств для снижения их негативных последствий, будут создаваться расчетно-теоретические модели ионосферы, атмосферы и океана для предсказания локальных и глобальных процессов.

В области биомеханики будут разработаны модели процессов в живых системах, в том числе процессов дыхания и системы кровообращения, проводятся исследования по моделированию конструкций из полимерных, в том числе биodeградируемых материалов для пластики мягких тканей, композитов для искусственного сердца, искусственных аортальных клапанов и кровеносных сосудов; будут разрабатываться композитные материалы для замещения пораженных жестких биологических тканей, разрабатываться биомеханические аспекты протезирования, включая процессы восстановления целостности и несущей способности элементов опорно-двигательной системы человека.

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 и областей ее приложений.

Перед теорией управления в отчетный период и до 2030 г. стояли и будут стоять сложные и ответственные задачи. Это обусловлено не только растущей ролью управления как неотъемлемой черты инновационного развития, но и управления как средства выживания, стабильности и безопасности в современных, быстро меняющихся условиях. В теории управления все большую роль играет и будет играть исследование нелинейных систем. Здесь уже имеется и в будущем можно ожидать прогресса в области синтеза нелинейных систем управления, появления новых типов обратной связи, исследований хаоса, синхронизации, других специфических нелинейных эффектов. Все большее распространение получили модели гибридного управления, включающие логические и непрерывные компоненты. Внимание уделено активной реконфигурации систем управления при отказах и критических повреждениях оборудования (в том числе несанкционированных и при террористических атаках) с целью повышения эффективности, надежности и безопасности функционирования технических и технологических систем на основе сбора, обработки и передачи информации об их состоянии, централизации и повышении уровня детализации диагностики состояния, определения причин и предупреждения

возможных отказов и повреждений, автоматической реконфигурации структуры и параметров систем, повышения оперативности реагирования на аварийные ситуации и полной автоматизации деятельности персонала.

Особую роль играет сетевое и интеллектуальное управление авиационно-космическими, морскими и наземными объектами, в том числе интеллектуальное планирование действий в беспилотных аппаратах. Широчайшие перспективы, как показали результаты исследований отчетного периода и предыдущих лет, открываются для применения идей управления в биотехнологиях, биоинформатике и медицине. В частности, в системах управления в медицине все большую роль играют интеллектуальные экспертные системы, способные управлять лечебным процессом, повышать качество медицинских диагнозов и освобождать врачей от большого объема рутинной работы. Очень важны модели управляемых эколого-экономических систем.

К разработкам в области критических технологий Российской Федерации относится технология создания и управления новыми видами транспортных средств, при этом достигнут новый уровень автоматизации и распределения функций между оператором и системой управления, а в автономных движущихся объектах – новый уровень универсальности и интеллектуальности. Это же характерно для управления технологическими процессами.

Результаты исследований в области оптимального адаптивного управления позволяют активно устранять априорную неопределенность, обеспечивать высокую точность управления при сложных многокомпонентных ограничениях, изменениях конфигурации, в критических и закритических режимах, при неустойчивости объекта на основных и нештатных режимах, упругости его конструкции, повреждениях или отказах части органов управления и элементов конструктивной схемы. Получила развитие теория робастных систем управления, осуществляющая пассивное парирование влияния неконтролируемых факторов.

В области навигации и наведения движущихся объектов развита теория навигационных и гироскопических систем, основанная на комплексировании инерциальных навигационных систем со спутниковыми радионавигационными системами, корреляционно-экстремальными системами навигации и наведения по физическим полям, обзорными системами с распознаванием образов и ориентиров. В области задач управления системами междисциплинарной природы (организационно-техническими, медико-биологическими, эколого-экономическими и др. системами) получили развитие экспертно-классификационные, экспертно-статистические и так называемые «активные» модели управления.

Важную роль играют результаты в области систем интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений (от предприятия до государственных органов), в частности, так называемые когнитивные системы, которые способны вести мониторинг текущей ситуации (включая обработку текстовой информации), давать прогнозы развития ситуации на основе включения экспертных знаний, рекомендации по принятию решений. Такие системы особенно важны для целей стратегического планирования в условиях неопределенно-

сти, когда нет возможности получить достоверные количественные прогнозы. Они дают характеристику общих тенденций развития и указывают на возможные побочные последствия принимаемых решений.

Важнейшие достижения

В отчетный период продолжены исследования нового класса задач управления движением автоматизированных объектов в конфликтных средах. В рамках этой работы получены математические формализации и аналитические решения задач об оптимизации законов уклонения подвижных объектов (ПО) от обнаружения системой разнородных наблюдателей, состоящей из сенсоров и детекторов при наличии траекторных ограничений. В явном виде найдены оптимальные законы управления ПО в задаче планирования траектории при наличии стационарных и мобильных угроз. Разработан алгоритм и программа построения траектории движения стратегически важного ПО и теоретические основы проектирования и управления широкополосными беспроводными сетями нового пятого поколения 5G, которые являются основными направлениями развития мировой телекоммуникационной индустрии. Теоретические исследования, проведенные в отчетный период, могут быть направлены на реализацию следующих инновационных проектов: разработка принципиально нового класса самоорганизующихся беспроводных сетей в миллиметровом диапазоне радиоволн (71–76 ГГц, 81–86 ГГц) с децентрализованным управлением, обеспечивающих новый уровень мобильности, сверхвысокие скорости доступа к информационным ресурсам, достижимые лишь в стационарных волоконно-оптических сетях; разработка привязной, геостационарной, беспилотной, многофункциональной телекоммуникационной платформы длительного действия в арктическом исполнении, не имеющей мировых аналогов. Длительность действия (без опускания на землю) обеспечивается системой передачи энергии большой мощности земля–борт для электропитания двигателей и аппаратуры высотной платформы. Система передачи энергии может также эффективно использоваться для реализации глубоководных роботов; разработка нового поколения системы управления безопасностью на автодорогах с использованием радиочастотной идентификации мобильных транспортных средств (RFID-технологии) и широкополосной беспроводной связи.

Разработан надежный метод исследования фазовых диаграмм высокотемпературных сложных систем на базе карбидов переходных металлов (ZrC_x) и смешанных оксидов ($MgO-CeO_2$). Исследования выполнены с помощью метода лазерного нагрева с применением многоканальной пирометрии, лазерного зондирования поверхности и скоростной видеосъемки. Исходный состав материалов и состав после лазерного воздействия определялся с помощью SEM-микроскопии, химического и рентгеновского анализов. Для карбидной системы впервые определены параметры солидуса и ликвидуса во всей области гомогенности, а для системы оксидов впервые в рамках одного метода уда-

лось получить данные по температуре ликвидуса, эвтектики и эвтектическому составу. Результаты имеют значение для создания рабочих тел и конструкционных материалов в ядерной энергетике и теплозащитных материалов в аэрокосмической технике. (ОИВТ РАН, д.ф.-м.н. Шейндлин М.А.)

В Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН разработано траекторное управление наблюдениями и уклонением подвижного объекта от обнаружения системой разнородных наблюдателей. Решены актуальные задачи траекторного управления наблюдениями с борта автономного (беспилотно-го) подвижного объекта (АПО) за мобильной наземной целью. Под траекторным управлением наблюдениями понимается выбор рациональной (в смысле точности целеуказания) траектории движения АПО. Траекторная оптимизация наблюдений позволяет на порядок улучшить точность оценивания элементов движения цели.

Разработаны алгоритмы и программы построения траектории движения АПО в конфликтных средах. Получены математические формализации и аналитические решения задач об оптимизации законов уклонения АПО от обнаружения системой разнородных наблюдателей, состоящей из сенсоров и детекторов при наличии траекторных ограничений.

В явном виде найдены оптимальные законы управления АПО в задаче планирования траектории при наличии стационарных и мобильных угроз. Алгоритмы численного моделирования верифицированы полученными аналитическими результатами (рис. 20). (ИПУ РАН, академик РАН Васильев С.Н.)

Впервые осуществлен синтез гидрированных графенов (графанов) в одну стадию при разложении углеводородов (пропан-бутана, метана, ацетилен) в плазмоструйном реакторе при давлениях 350–710 торр. Эксперименты были проведены при электрической мощности плазмотрона вплоть до 45 кВт. Синтез графанов осуществлялся без каталитически активных подложек в реакторе. Продукты синтеза охарактеризованы методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, термического анализа, рентгеновской дифракции, спектроскопии комбинационного рассеяния света и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Методами экспресс-гравиметрии определены атомарные соотношения С-Н в синтезируемых образцах. Результаты открывают новые перспективы создания высокопроизводительной технологии синтеза графеновых материалов и систем хранения водорода (рис. 21). (ОИВТ РАН, д.ф.-м.н. Амиров Р.Х.)

Впервые разработана теоретическая модель коллоидно-усиленного переноса примеси в сильно контрастных средах с различными типами корреляций в распределении структурных неоднородностей (регулярно-неоднородные, фрактальные и статистически однородные среды). Наличие коллоидных частиц, адсорбирующих примесь, приводит к подавлению процессов ухода примеси в застойные области, тем самым усиливая перенос примеси на большие расстояния. В итоге, в ряде случаев существуют большие интервалы времени, в течение которых практически вся примесь оказывается сосредоточенной на

коллоидах и переносится вместе с ними. Характер переноса зависит от типа среды, так что могут реализоваться как суб-, так и супердиффузионный режимы, а также режим адвекции-диффузии. Результаты теории являются критически важными для обоснования безопасности захоронения радиоактивных отходов в геологических средах (рис. 22). (ИБРАЭ РАН, Кондратенко П.С., Матвеев Л.В.)

В рамках совместного научного исследования Института теоретической и прикладной электродинамики РАН и Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН был разработан сенсор, состоящий из периодически расположенных остроконечных кремниевых микрорезонаторов с нанесенными на их поверхность плазмонных наночастиц золота (рис. 23). Исследуемый аналит связывается с золотыми наночастицами и детектируется методом гигантского комбинационного рассеяния (ГКР). (ИТПЭ РАН, академик РАН Лагарьков А.Н.)

В ИНЭИ РАН с привлечением ряда организаций разработан первый документ стратегического планирования в энергетике страны – Прогноз научно-технологического развития отраслей ТЭК России на период до 2035 года, утвержденный Приказом Министра энергетики России 14 октября 2016 года. Прогноз дает научно обоснованные представления об основных направлениях и ожидаемых результатах научно-технологического развития отраслей ТЭК страны на перспективу 20–25 лет, обеспечивающих их устойчивое развитие и адаптационные возможности для широкого спектра внешних условий (угроз и вызовов), определяет перспективные направления научных исследований и разработок новых энергетических технологий, обеспечивающих выполнение требований национальной безопасности в отношении энергетики и научно-технологическую независимость отраслей ТЭК. Полученные результаты использовались при разработке Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642. (ИНЭИ РАН, академик РАН Филиппов С.П.)

Впервые с использованием kernового материала из разведочных сверхглубоких скважин Астраханского газоконденсатного месторождения были проведены истинно трехосные испытания горных пород с глубин более 6 км на уникальной экспериментальной установке ИСТНН Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН. Определены деформационные характеристики горных пород с глубоких горизонтов в условиях реальных напряженных состояний, возникающих при бурении и эксплуатации скважин. Испытания показали, что породы разного литологического состава обладают высокой прочностью и низкой проницаемостью. Впервые было выполнено физическое моделирование процесса понижения давления в глубоких скважинах с разной конструкцией забоя. Установлено, что, несмотря на высокую прочность горных пород, при определенной геометрии забоя возможно добиться растрескивания, дезинтеграции породы и создания в ней искусственной системы трещин с высокой проницаемостью. На рис. 24 показаны кривые деформирования песчаника при моделировании реально возникающих в окрестности перфорации

онного отверстия напряжений: по достижении окружным напряжением величины 210 МПа (давление в скважине 15 МПа) в образце начались процессы ползучести и растрескивания.

Полученные результаты имеют важное значение для создания эффективных технологий разработки глубоко залегающих месторождений, а также снижения рисков при бурении и эксплуатации скважин на больших глубинах. (ИПМех РАН, академик РАН Климов Д.М., д.ф.-м.н. Коваленко Ю.Ф.)

Разработан алгоритм управления движением звеньев экзоскелета верхних конечностей человека с использованием информации о биопотенциалах, характеризующих мышечную активность человека – носителя экзоскелета. Алгоритм позволяет учесть и скомпенсировать тремор руки оператора, а также его усталость. Предложенный алгоритм реализован в виде программного кода для управления электромеханическим приводом экзоскелета. Программа предусматривает два режима управления – режим реализации программного движения и режим стабилизации экзоскелета в определенной конфигурации. Проведено исследование динамики экзоскелета, управляемого с помощью разработанного алгоритма. Исследование демонстрирует эффективность предложенной методики управления. Алгоритм и программа предназначены для управления экзоскелетом руки человека, служащим для увеличения его физических возможностей при манипулировании тяжелыми предметами (рис. 25). (ИПМех РАН, член-корр. РАН Болотник Н.Н.)

Дисперсионное соотношение для внутренних волн в однородно стратифицированной жидкости допускает распространение волн в виде наклонных пучков. Следствием дисперсионного соотношения является возможность геометрической фокусировки: при отражении пучка внутренних волн от наклонной стенки изменяется его ширина. В замкнутой области за счет многократного повторения эффекта фокусировки возможно появление так называемых геометрических аттракторов – замкнутых линий, на которых происходит концентрация поступающей в систему энергии. В работе проведено комплексное экспериментальное и численное исследование линейной и нелинейной динамики аттракторов внутренних волн в трапециевидальном лотке, заполненном однородно стратифицированной жидкостью. Измерения характеристик поля внутренних волн выполнены с помощью PIV-метода и цифрового шлирен-метода. Численное моделирование выполнено с помощью метода спектральных элементов. Показано, что механизмом неустойчивости волн является триадный резонанс. Исследована динамика развития каскада триадных взаимодействий, приводящего к возникновению режима волновой турбулентности при увеличении уровня входного воздействия на систему. Показано, что в режимах слабой (дискретной) турбулентности возмущения в системе удовлетворяют дисперсионному соотношению для внутренних волн для всего диапазона разрешаемых в эксперименте масштабов. Для вторичных волн, генерируемых в результате каскада триадных взаимодействий, экспериментально продемонстрирована тенденция к формированию режимов движения, близких к квазирезонансам.

В случае сильной турбулентности возмущения малых масштабов не удовлетворяют дисперсионному соотношению, т.е. не являются волновыми: в системе возникает существенная статистика событий опрокидывания, приводящих к перемешиванию. Статистика экстремальных событий изучена с помощью построения функции плотности вероятности горизонтальной завихренности. Геофизическим приложением исследованных в работе режимов течения в замкнутом объеме стратифицированной жидкости является задача о перемешивании в глубинных слоях океана. Аналоги обсуждаемых в работе явлений наблюдаются также в сферических слоях вращающейся жидкости. (ИГиЛ СО РАН, д.ф.-м.н. Ерманюк Е.В.)

В рамках работ по проекту РФФИ в коллаборации с сотрудниками Тихоокеанской северо-западной национальной лаборатории США была разработана высокоскоростная ловушка ионного циклотронного резонанса со статической гармонизацией электрических полей. Ловушка относится к технологии px -ICR, впервые предложенной сотрудниками ИНЭПХФ РАН. Тестирование технологии осуществлялось в 2016 г. на уникальном масс-спектрометре ионного циклотронного резонанса со сверхмощным магнитным полем. В частности, были продемонстрированы точность измерения масс белков порядка одной миллионной массы, а также скорости получения масс-спектров целых белков в миллисекундном диапазоне с разрешающей способностью, достаточной для полного разделения изотопных кластеров по углероду-13. (ИНЭПХФ РАН, д.ф.-м.н. Емохонов В.Н.)

В Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН разработаны методы инновационного развития теплоснабжающих систем. Впервые структурирована проблема оптимального развития и реконструкции теплоснабжающих систем в виде взаимоувязанного комплекса задач проектирования, разработана информационно-технологическая платформа для решения ключевых задач управления развитием теплоснабжающих систем городов страны любой сложности и масштабов. Предложены инновационные технологические решения, перспективные направления развития теплоэнергетики и теплоснабжения России, которые нашли применение при формировании энергетических стратегий, целевых программ и проектов развития энергетики и энергосбережения, а также при проектировании теплоснабжающих систем городов нового поколения. В научном плане эти работы развивают основные положения теории гидравлических цепей и системных исследований в энергетике, повышают уровень знаний о свойствах теплоснабжающих систем, что обеспечивает им качественно новый уровень построения и функционирования. (ИСЭМ СО РАН, член-корр. РАН Стенников В.А.)

При поддержке государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» и европейских организаций «Евратом», ОЭСР, совместно с российскими (РФЯЦ-ВНИИТФ, ГНЦ РФ – ФЭИ, НИЦ «Курчатовский институт») и зарубежными (Франция, Швейцария, ФРГ, США, Канада и др.) научными организациями выполнен комплекс расчетно-экспериментальных исследований

процессов в атмосфере защитной оболочки (ЗО) АЭС при тяжелых авариях, потенциально угрожающих целостности последнего защитного барьера для выхода накопленной радиоактивности в окружающую среду. В том числе, с использованием современных CFD компьютерных кодов детально изучены и экспериментально обоснованы модели основных процессов в атмосфере ЗО: свободно конвективные течения смесей газа (воздух-пар-водород), струйные течения при выходе пара и водорода из повреждения в первом контуре АЭС, объемная и пристеночная конденсация пара, перенос теплового излучения в оптически не полностью прозрачном газе, модели систем безопасности, включающие парокапельные течения и течения в гетерогенной среде (спринклер, рекомбинатор водорода, конденсатор-теплообменник). Научно обоснованы возможности применения CFD кодов в моделировании распространения продуктов деления в виде разносортных аэрозолей в трехмерной структуре помещений ЗО. Проведено широкомасштабное верификационное исследование физико-математических моделей CFD кодов с точки зрения практического использования в работах по обоснованию водородной взрывобезопасности АЭС. Впервые в РФ была продемонстрирована возможность приложения CFD кодов, как средства уточненного детерминистического анализа водородной безопасности при авариях на АЭС и аналогичных проблем водородной энергетики. (ИБРАЭ РАН, ак. Большов Л.А., д.ф.-м.н. Стрижов В.Ф., д.ф.-м.н. Филиппов А.С.)

ХИМИЯ И НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ

Химия и науки о материалах являются базисом для эффективного развития всех без исключения наук естественного профиля и различных отраслей промышленности, энергетики, сельского хозяйства, медицины, экологии. Очевидно, что развитие и интенсификация исследований в этой области естествознания призваны обеспечить устойчивое социально-экономическое развитие страны в ближайшей и отдаленной перспективе.

В области химии и наук о материалах фундаментальные исследования осуществлялись по шести основным научным направлениям:

- 1) фундаментальные основы химии;
- 2) научные основы создания новых материалов с заданными свойствами и функциями, в том числе высокочистых и наноматериалов;
- 3) 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;

4) химические проблемы получения и преобразования энергии, фундаментальные исследования в области использования альтернативных и возобновляемых источников энергии;

5) фундаментальные физико-химические исследования механизмов физиологических процессов и создание на их основе фармакологических веществ и лекарственных форм для лечения и профилактики социально значимых заболеваний;

6) фундаментальные исследования в области химии и материаловедения в интересах обороны и безопасности страны.

В рамках перечисленных направлений осуществлялись комплексные экспериментальные и теоретические исследования, которые позволяют получать фундаментальные научные знания о химических превращениях и химических свойствах веществ, создавать новые химические процессы, технологии, перспективные материалы. Проводились исследования, сосредоточенные на разработке физико-химических основ получения композиционных, металлических, полимерных, керамических материалов, теории пластичности, прочности, синтезе фотопроводящих, фотохромных материалов; изучении самоорганизации наноструктурированных и пористых материалов и сорбентов; разработке экологически безопасных, энергоэффективных и ресурсосберегающих методов каталитической переработки природного ископаемого сырья (руды, нефть, газ, уголь и др.), обеспечивающих существенное повышение степени его использования. Разработаны подходы для осуществления направленного гидротермального синтеза алюмосиликатов со слоистой и каркасной морфологией на примере цеолитов различных структур и силикатов со структурой монтмориллонита. Определены оптимальные условия синтеза гибридных бионеорганических нанокомплексов (биконъюгатов) на основе наночастиц серебра с заданными размерами металлического ядра и биологической оболочки.

Общая стратегия развития исследований в области медицинской химии включает в себя молекулярное конструирование и направленный синтез мишеньориентированных физиологически активных веществ с целью получения на их основе субстанций лекарственных препаратов для лечения социально значимых заболеваний: онкологических, нейродегенеративных нарушений, сердечно-сосудистых, вирусных и воспалительных процессов.

В перечисленных областях были получены значимые результаты. Проводились исследования в области синтеза, структуры и свойств индивидуальных компонентов энергетических систем; фундаментальных аспектов процессов формирования многокомпонентных систем на основе низко- и высокомолекулярных энергетических соединений; физикохимии энергетических конденсированных систем и процессов их превращений; материаловедения композиционных энергетических систем. Продолжены систематические фундаментальные, поисковые и прикладные исследования в области синтеза, технологий получения энергонасыщенных соединений и материалов различного

назначения на их основе. Большие успехи достигнуты в области создания органических преобразователей солнечной энергии нового поколения, а также органических оптических светодиодов.

Среди направлений, критически важных для устойчивого развития государства, можно, в частности, выделить следующие:

– водородная энергетика и ее компоненты (могут применяться для аккумуляции энергии в транспортной инфраструктуре, коммунальном хозяйстве и различных областях производства, включая оборонные);

– аккумуляторные системы нового поколения, в том числе топливные элементы, литиевые аккумуляторы, суперконденсаторы с использованием инновационных нанодисперсных, полимерных или ультрапористых материалов (могут применяться в большинстве областей производства, включая высокотехнологичные и оборонные, космической и добывающей отраслях, в судостроительной, автомобильной и авиационной промышленности);

– новые материалы с нанодисперсными наполнителями для дорожных покрытий с повышенной прочностью, износостойкостью и светоотражающей способностью (могут применяться при строительстве магистральных трасс общего, федерального и специального назначения для различных климатических зон);

– оптоэлектронные приборы на основе органических полупроводниковых материалов (могут применяться в телекоммуникационных технологиях, для защиты экономической безопасности и обнаружения контрафактной продукции, в системах скрытой идентификации «свой – чужой», для защиты личного состава, а также наземных, летающих пилотируемых воздушных объектов и дронов);

– органические и гибридные ультратонкие быстродействующие сенсорные наноземента (могут применяться в медицинской диагностике, фармацевтической промышленности, системах контроля качества пищевых производств и различных отраслей легкой промышленности, системах антитеррористического химического и биохимического контроля и реагирования, в экологическом мониторинге природных и искусственных источников питьевой воды, в системах химической безопасности производств металлургической, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности);

– разработка методов сборки новых функциональных и абсорбционных материалов на основе металлоорганических каркасов, высокодисперсных координационных полимеров и импрегнированных сорбентов (могут применяться для хранения, транспортировки и разделения газов, в гетерогенном катализе, в производстве топливных элементов; в производстве сенсоров для экологического мониторинга природных и искусственных источников питьевой воды, в системах химической безопасности производств металлургической, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, в системах антитеррористического химического и биохимического контроля и реагирования; при создании специальных покрытий для военной техники);

– нелинейно-оптические материалы (могут применяться в компактных системах для экспресс-анализа в медицинской диагностике, в современных системах передачи неискаженного телевизионного сигнала, в системах быстрого и надежного оповещения о химических и биохимических террористических угрозах, для контроля производимой продукции и отсека контрафактной продукции, снижения рисков химического загрязнения окружающей среды на производствах повышенной химической опасности);

– быстродействующие электрохромные материалы и устройства нового поколения (могут использоваться в строительстве, автомобильной, авиационной, судостроительной, оборонной промышленности, для создания дешевых энергоэффективных оконных блоков с переменным тепло- и светопропусканием; новых автомобильных зеркал заднего вида с автоматическим затемнением, обладающих повышенным рабочим ресурсом и расширенным температурным диапазоном; систем электроуправляемой адаптивной маскировки в оптическом и радиочастотном диапазонах).

Работы по этим направлениям ведутся в институтах, находящихся под научно-методическим руководством ОХНМ РАН.

Весьма актуальной задачей является создание материалов, свойствами которых можно обратимо управлять с помощью внешних воздействий. В то же время отдельные молекулы или их ансамбли играют основополагающую роль в динамике движения и функционирования биологических систем. Эти исследования и побудили химиков и материаловедов задуматься над дизайном искусственных молекулярных устройств и переключателей. К сегодняшнему дню разработано большое количество таких молекулярных устройств на основе разнообразных классов химических соединений, управляемых при помощи внешних воздействий различной природы (облучение светом, pH, редокс-превращения и т.д.). А вот молекулярные машины – как разновидность переключателей, которые могут совершать механическое движение дискретных молекулярных компонент относительно друг друга под воздействием внешних факторов – все еще остается непознанной до конца наукой, но за которой, безусловно, будущее. О высоком уровне актуальности данной тематики свидетельствует Нобелевская премия по химии за 2016 г., присвоенная Жан-Пьеру Саважу, Джеймсу Стодарту и Бернарду Феринга «За проектирование и синтез молекулярных машин». Группы этих трех исследователей заложили принципы так называемого молекулярного дизайна химических систем, в которых возможна реализация идеи механического движения наноскопических объектов. Какая же энергия заставляет молекулярную машину двигаться? С точки зрения внешнего воздействия это могут быть химические (pH среды и ее полярность, введение катионов и т.д.), электрохимические и фотохимические источники энергии. Последние представляются наиболее перспективными, как безотходные и простые в реализации. Кроме того, для создания оптимальной молекулярной машины необходима реализация трех принципов – система должна быть обратима, движение должно находиться под контролем и быть направленным.

За последние несколько десятков лет на примере таких соединений синтезированы молекулярные роторы, шаттлы, мускулы и другие молекулярные устройства. Разрабатываются молекулярные моторы, вращение которых осуществляется под воздействием света определенной длины волны, что положено в основу создания новых типов каталитических систем, умных материалов, систем для адресной доставки лекарств. Этот же принцип был положен в создание первого примера четырехколесной наномашин, передвигающейся по поверхности золота. Пришивка разработанных молекулярных устройств к поверхности позволит разрабатывать принципиально новые типы материалов с настраиваемой смачиваемостью, агрегацией, оптическими и каталитическими свойствами, систем для адресной доставки лекарств и самовосстанавливающихся материалов и т.д.

В России данная тематика активно развивается в научных школах академика РАН Алфимова М.В. и члена-корреспондента РАН Громова С.П., академика РАН Минкина В.И., академика РАН Белецкой И.П., академика РАН Цивадзе А.Ю., академика РАН Коновалова А.И. и члена-корреспондента РАН Антипина И.С., академика РАН Алдошина С.М. В научной школе академика РАН Еременко И.Л. впервые показана принципиальная возможность создания магнитно-управляемой молекулярной машины.

Анализ состояния важнейших проблем химии и наук о материалах, координацию исследований, проводимых по этим проблемам; определение основных целей развития приоритетных направлений осуществляет сеть научных советов ОХНМ РАН.

Важнейшие достижения

1. Синтез уникальной азот-кислородной системы – [1,2,3,4]тетразино[5,6-е][1,2,3,4]тетразин-1,3,6,8-тетраоксида (ТТТО – $C_2N_8O_4$ – «Нафталин из азота»)

Крупным достижением стал синтез уникальной, оставшейся долгое время гипотетической, азот-кислородной системы – [1,2,3,4]тетразино[5,6-е][1,2,3,4]тетразин-1,3,6,8-тетраоксида (ТТТО – $C_2N_8O_4$ – «Нафталин из азота») (рис. 26).

Возможность существования этого рекордного по взрывчатому характеристикам мощного энергоемкого соединения ранее теоретически предсказана в ИОХ РАН. Там же проведены первые теоретические исследования этой структуры. В последние годы опубликован ряд зарубежных работ (США, Германия, Китай, Швеция), в которых описаны попытки получения ТТТО, однако они не увенчались успехом. Стратегия предложенного синтеза заключается в последовательном замыкании двух тетразиндиоксидных циклов. Строение ТТТО подтверждено спектральными методами и рентгеноструктурным анализом.

В процессе работы, помимо ТТТО, были получены новые классы веществ и разработаны новые синтетические методы. Ряд полученных полупродуктов явля-

ется перспективным донором оксида азота – важнейшего нейромедиатора. (ИОХ РАН, академик РАН Тартаковский В.А. совместно с лаб. № 30 и ИНЭОС РАН)

Результаты исследования опубликованы в топовом журнале «Angewandte Chemie International Edition», статье был присвоен статус «VIP article».

2. Создание и разработка научных основ экстракционно-пиролитической технологии. Разработка технологических процессов получения неорганических веществ и материалов

Создана и апробирована на практике комплексная *экстракционно-пиролитическая* технология синтеза порошковых материалов, пленок и покрытий для широкого применения в электронике, машиностроении, авиационной и космической технике, строительной индустрии, медицине.

Получены прозрачные электропроводящие пленки индия-олова оксида (ITO) с размером зерна около 6 нм на гибких подложках, пригодные для производства гибких дисплеев.

Созданы терморегулирующие покрытия для защиты космических аппаратов от радиационных излучений.

Продолжены работы по масштабированию технологии электрохромных покрытий на стекле («умное» стекло). Создана технологическая линия для нанесения покрытий на масштабные поверхности. Испытания опытных образцов будут выполнены НПО «Радиосвязь» (Красноярск).

Сочетанием экстракционно-пиролитического синтеза с плазменно-электролитическим оксидированием получены перспективные для практического применения функциональные композиты на металлических носителях: фотокатализаторы ($\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{TiO}_2/\text{Ti}$); катализаторы конверсии CO в CO_2 ($\gamma\text{-MnO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}$); катализаторы дожигания сажи ($\text{CuMoO}_4/\text{TiO}_2/\text{TiO}_2+\text{SiO}_2/\text{Ti}$).

Решена проблема получения нанодисперсных серебра и меди для использования в микроэлектронике в производстве токопроводящих паст, клеевых композиций и чернил для аддитивных технологий печатных схем. (ИОНХ РАН, ИХ ДВО РАН, ИХТТМ СО РАН, СФУ)

Статей в рецензируемых журналах – 14, тезисов докладов на международных и российских конференциях – 32, патентов – 1.

3. Новый противовирусный препарат

Успешно завершена I фаза клинических испытаний нового противовирусного препарата «Триазид» из класса азолоазинов. Препарат защищает от широкого ряда вирусных эпидемиологических заболеваний, в том числе от особо опасных вирусных инфекций. (ИОС УрО РАН, Чупахин О.Н., Чарушин В.Н., Русинов В.Л.)

Работа ведется совместно с компаниями ПАО «Отисифарм» (г. Москва), «Фармстандарт» (Московская область), Институтом гриппа Минздравсоцразвития (г. Санкт-Петербург) и Вирусологическим центром Министерства обороны (г. Сергиев Посад).

В 2016 году работа отмечена международной премией Prix Galien как лучшее научное исследование в области фармацевтики (рис. 27).

4. Новая технология транспортировки природного газа

Новая технология транспортировки природного газа для газификации массовых потребителей в России и за рубежом, основанная на применении нанопористых сорбирующих материалов рекордной емкости. Для ПАО «ГАЗПРОМ» впервые разработаны новые нанопористые адсорбенты и созданы пожаро- и взрывобезопасные мобильные газовые адсорбционные терминалы, позволяющие обеспечить газификацию массовых потребителей России и поставки газа зарубежным потребителям без использования трубной технологии. (ИФХЭ РАН, д.ф.-м.н. Фомкин А.А.)

5. Синтез и исследование одноионного магнита $\text{Et}_4\text{N}[\text{Co}^{\text{II}}(\text{hfac})_3]$

Синтезирован и исследован новый мооядерный высокоспиновый ($S = 3/2$) анионный комплекс $\text{Co}(\text{II}) (\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{N}^+[\text{Co}^{\text{II}}(\text{hfac})_3]^-$ ($\text{hfac} = 1,1,1,5,5,5$ -гексафтороацетилацетонат). Вопреки устоявшимся представлениям о необходимом условии проявления свойств молекулярных магнитов лишь при отрицательной магнитной анизотропии данный комплекс демонстрирует медленную релаксацию намагниченности в постоянном магнитном поле, тем самым проявляющий свойства одноионного магнита (Single-Ion Magnet, SIM) вследствие сильной положительной магнитной анизотропии с высокой ромбичностью. Положительный знак магнитной анизотропии убедительно доказан сочетанием экспериментальных и теоретических методов СКВИД-магнетометрии, ЭПР спектроскопии, квантовой химии и моделированием магнитных свойств. (ИПХВ РАН, Палий А.В., Корчагин Д.В., Юрьева Е.А., Акимов А.В., Мисочко Е.Я., Шилов Г.В., Таланцев А.Д., Моргунов Р.Б., Алдошин С.М., Цукерблат В.С.)

6. Синтезирован новый ионный мономер с клозо-декаборатным анионом и полимеры на его основе с двумя катионами лития в элементарном звене

Получены ионные сополимеры с низкой $T_{\text{ст}}$ (до -57°C), проводимостью (до $2,5 \times 10^{-7}$ См/см при 20°C) и электрохимической стабильностью (до 3,7 В vs Li^+/Li). Добавлением 20%-ной ионной жидкости удалось повысить проводимость полимерного электролита на два порядка до $1,5 \times 10^{-5}$ См/см при 20°C). (ИНЭОС РАН, д.х.н. Выгодский Я.С.)

7. Компьютерное моделирование полного каталитического цикла аспартоацилазы

Впервые методами молекулярного моделирования исследован полный каталитический цикл гидролиза н-ацетиласпартата ферментом человека аспартоацилазой.

Энергетические профили стадий химических превращений от фермент-субстратного комплекса до продукта рассчитаны методами квантовой механики –

молекулярной механики, профили входа субстрата и выхода продуктов – методами молекулярной динамики.

Построена полная кинетическая схема многостадийного процесса, объясняющая экспериментальные исследования реакции. Полностью описаны все стадии каталитического цикла аспартоацилазы (ASPA) – одного из ключевых ферментов центральной нервной системы. Фермент осуществляет каталитический гидролиз н-ацетиласпарагиновой кислоты (NAA), представленной в мозге в высокой концентрации. Структурные вариации фермента, отражающиеся на каталитической активности, связаны с рядом нейропатологий, прежде всего с болезнью Канаван. Построен энергетический профиль всего процесса, включая связывания субстрата с ферментом, и выхода продуктов в раствор. Получена детальная структурная информация, недоступная экспериментальными методами (рис. 28). (ИБХФ РАН, химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, д.х.н. Немухин А.В.)

8. Новые препараты метаболического действия

Созданы новые препараты метаболического типа действия, обладающие разноплановым протекторным эффектом (актопротекторным, гепатопротекторным и нейропротекторным) на основе 1,2-дигидро-4,6-диметил-1-N-(2-оксипиридин-5-ил)пиримидона – действующего начала отечественного лекарственного средства Ксимедон, с L-аскорбиновой или парааминобензойной кислотами. Гепатопротекторная и нейропротекторная эффективность препаратов превосходят эффективность лекарственных средств Ксимедон, Тиотриазолин и Рилузол. (ИОФХ КазНЦ РАН, Резник В.С., Зобов В.В., Семенов В.Э., Чельшев Ю.А., Выштакалюк А.Б., Галяметдинова И.В., Назаров Н.Г., Повышева Т.В.)

9. Принципиально новый композиционный материал «наноструктурный нитинол – слой из биостойкого полимера – поверхностный слой из биоразлагаемого полимера» с повышенной биосовместимостью и стойкостью к зарастанию тканями организма

Поверхностный слой из хитозана или полилактида позволяет вводить в него лекарственные средства и обеспечивать их адресную доставку в необходимый участок организма человека с выделением в течение контролируемого срока, а также обеспечивает стойкость к зарастанию тканями организма. Разработана технология получения таких композитов с высокой адгезионной связью между компонентами. На основе полученных материалов созданы медицинские устройства типа «стент». (ИМЕТ РАН)

10. Первый в мире макет-демонстратор непрерывно-детонационного прямоточного воздушно-реактивного двигателя

В результате совместной работы ИХФ РАН и ИТПМ СО РАН впервые в мире экспериментально продемонстрирована возможность организации устойчивого детонационного горения водорода в сверхзвуковом потоке в макете-демонстраторе прямоточного воздушно-реактивного двигателя (ПВРД) ори-

гинальной конструкции в условиях обдува воздушным потоком с числом Маха от 4 до 8 в импульсной аэродинамической трубе (рис. 29). В кольцевой камере сгорания (КС) макета-демонстратора зарегистрированы режимы непрерывной спиновой детонации и продольно-пульсирующей детонации. Экспериментально показана возможность создания компактного многорежимного ПВРД с детонационным горением водорода. (ИХФ РАН д.ф.-м.н. Фролов С.М.)

11. Способ синтеза изоалканов

Разработан не имеющий аналогов в мировой практике экологически безопасный способ синтеза изоалканов – наилучших высокооктановых компонентов бензина – методом алкилирования изобутана этиленом с использованием нанокатализаторов на основе цеолита типа фожазита. Длительность стабильной работы катализатора при средней конверсии этилена 97% мас. составила 24 ч. При практически количественном выходе алкилата содержание фракции изооктанов составляет 88 мас.%. Расчетное октановое число (исследовательский метод) равно 98 пунктам. Разработаны основные подходы к инжинирингу для промышленной реализации процесса применительно к предприятиям ПАО «Газпромнефть». Получено 4 патента РФ. (ИНХС РАН, академик РАН Хаджиев С.Н., к.х.н. Герзелиев И.М.)

12. Получение востребованных продуктов тонкого органического синтеза путем окисления органических субстратов перексидом водорода в присутствии бифункциональных металлокомплексных катализаторов

Показана возможность получения востребованных, в т.ч. импортозамещающих продуктов тонкого органического синтеза – биологически активных веществ или их предшественников.

Реакция двухфазного окисления органических субстратов перексидом водорода в присутствии бифункциональных металлокомплексных катализаторов – $Q_3\{PO_4[WO(O_2)_2]_4$ протекает в органической фазе через транспорт кислорода от пероксокомплекса к субстрату.

Показано, что метод межфазного катализа позволяет получать:

- N-оксиды фосфоновых кислот с селективностью 85% при 90% конверсии субстрата (используются в производстве гербицидов);
- эпоксидов жирных кислот с выходом 99% (используются в фармпроизводстве и парфюмерии);
- поликарбоновые кислоты с высокими выходами 86–97% (используются в пищевой, медицинской и других отраслях промышленности). (ИК СО РАН, Пай З.П., Бердникова П.В., Ющенко Д.Ю.)

13. Разработка полисахаридных ингибиторов гидратобразования для газодобычи

На основе природных полисахаридов и их производных разработаны перспективные экологически безопасные ингибиторы гидратообразования, эф-

фективно работающие в малых дозировках в процессах нефте- и газодобычи. Это создает перспективу для замены используемых сегодня токсических реагентов, особенно метанола.

Изучены термобарические условия образования газогидратов в присутствии полисахаридных ингибиторов и показано, что они являются ингибиторами гидратообразования смешанного типа – термодинамическими и кинетическими.

На основе природного полисахарида из растительного сырья создан нефте-промысловый реагент, который относится к низкоагрессивным реагентам и по эффективности превосходит в 100–200 раз известные ингибиторы гидратообразования, в 600–800 раз превосходит метанол и диэтиленгликоль, проявляет свойства термодинамических ингибиторов гидратообразования.

Разработана товарная форма и технические условия на реагент. (ИОХ РАН, д.х.н. Томилов Ю.В., член-корр. РАН Нифантьев Н.Э. совместно с УГАТУ, УФИХ РАН, ООО «РН-УфаНИПИнефть»)

14. Фторидно-гидридная технология получения моноизотопного кремния-28

Разработана и реализована фторидно-гидридная технология, позволяющая устойчиво получать крупногабаритные (диаметром 60 и длиной 800 мм) образцы поликристаллического моноизотопного кремния-28.

Технологическая схема процесса, текущий и паспортный аналитический контроль изотопной и химической чистоты продукции обеспечивают получение материала с содержанием основного изотопа более 99,999 ат. % и лимитируемых примесей $\leq 10^{15}$ – 10^{13} ат./см³, высоким выходом и без изотопного разбавления. В рамках Международных метрологических проектов «Авогадро», «Килограмм-2» и «Килограмм-3» по уточнению постоянной Авогадро и созданию нового эталона массы получены 4 образца поликристаллического кремния-28 массой каждый более 6 кг. (ИХВВ РАН, ОАО «ПО ЭХЗ» (г. Зеленогорск), Институт роста кристаллов общества им. Лейбница (Leibniz-Institute für Kristallzuchtung, Берлин, Германия), Федеральное физико-техническое ведомство (Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig (PTB), Брауншвейг, Германия), д.х.н. Буланов А.Д., к.х.н. Гавва В.А., к.х.н. Потапов А.М., к.х.н. Созин А.Ю., к.х.н. Котков А.П., Арефьев Д.Г., к.ф.-м.н. Абросимов Н.В., проф. М. Петерс)

15. Сорбенты на основе минерального сырья

Разработаны схемы получения на основе доступного минерального сырья синтетических аналогов редких минералов из группы мезапористных каркасных титаносиликатов, которые испытаны на объектах РосРАО в качестве сорбентов для утилизации жидких радиоактивных отходов и для получения высокоустойчивой керамики, пригодной для длительного захоронения или использования в качестве энергетических источников. Созданное для реализации разработки предприятие ООО «Центр синтеза новых функциональных материалов» может рассматриваться как первая ячейка Кольского химико-технологического кла-

стера по производству стратегических материалов из отечественного сырья. (ИХТРЭМС КНЦ РАН совместно с ООО «Северо-Западный научно-производственный центр «Социум»)

16. Впервые в мире выдвинута идея создания изделий специальной техники со структурой трижды периодических поверхностей минимальной энергии, которые представляют значительный шаг вперед по сравнению с сотовыми структурами

Эта идея является «физической», поскольку основана на принципе создания наименьшей площади с данной замкнутой кривой в виде границы. Минимальные поверхности являются поверхностями с нулевой средней кривизной. Все эти поверхности являются метрически идентичными, непрерывная деформация представляет собой изгибание поверхности. Направление нормали от каждой точки к поверхности остается неизменным для всего ряда, и окрестность каждой точки делает поворот вокруг нормали. Таким образом, энергия нагружения распределяется в такой системе оптимальным путем. Впервые с помощью аддитивных технологий получены реальные модели с такой топологией. Это открывает путь к изготовлению изделий специальной техники с экстремально высокими служебными свойствами. (ИХС РАН, академик РАН Шевченко В.Я.)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Основной задачей Отделения биологических наук РАН является расширение и углубление знаний о живой природе на молекулярном, организменном, популяционном и ценотическом уровнях для повышения эффективности использования потенциала фундаментальных исследований в интересах социально-экономического развития и укрепления безопасности Российской Федерации.

Исследования современной биологии посвящены изучению и разработке проблем общей биологии и физико-химической биологии.

В проблематике общей биологии ведущие позиции занимают исследования по биологии развития, эволюционной биологии, биоразнообразию, экологии организмов и их сообществ, почвоведению и общей генетике.

Задачами биологии развития являются комплексные исследования закономерностей, механизмов и эволюции таких процессов как дифференцировка, морфогенез, регенерация, репродуктивная биология, клонирование клеток и организмов.

Исследования по биоразнообразию направлены на инвентаризацию таксономического и экологического разнообразия организмов, сообществ и экосистем и изучение экосистемных функций биоразнообразия как основы сохранения баланса биосферных процессов.

В области экологии спектр исследований посвящен различным аспектам взаимосвязей организмов со средой обитания и изучению адаптаций организмов и их сообществ к разным средам обитания, в том числе к средам с экстремальными условиями.

К традиционным и новым направлениям почвоведения относятся исследования классификации и географии почв, роли живых организмов в формировании почвы как среды обитания, баланса органического вещества и элементов питания растений в почвах.

В области общей генетики работы по изучению генофондов популяций человека, животных и растений позволят расширить поиск новых источников генетического разнообразия и генов хозяйственно-значимых признаков растений и животных для селекционной практики. Изучение генофонда народонаселения России позволит прогнозировать генетико-демографические процессы и давать рекомендации по профилактике широко распространенных заболеваний на основе результатов генетических исследований.

Исследования в области физико-химической биологии направлены на изучение различных уровней организации и функционирования биологических систем – от биомолекул, надмолекулярных комплексов, генетического аппарата, клеток и межклеточных взаимодействий, выяснения механизмов воздействия факторов внешней среды на живые организмы до биохимии и физиологии микроорганизмов и эукариот.

Работы многих направлений физико-химической биологии посвящены выделению и структурно-функциональному анализу биополимеров и низкомолекулярных биорегуляторов. Выявление полных наборов молекулярных компонентов биологического образца позволит перейти от изучения функций отдельных веществ, поисков их биологических мишеней и установления механизмов действия к анализу сетей взаимодействия всех компонентов системы метаболизма.

Исследование сетевых взаимодействий, динамически меняющихся от клетки к клетке и в каждой данной клетке при изменении условий окружающей среды, является в настоящее время одной из главных составляющих молекулярной генетики наряду с изучением молекулярно-доменной организации ядра и роли экстрахромосомных структур в регуляции репликации, репарации, экспрессии генов и экспорта РНК.

Актуальными задачами в области клеточной биологии являются выяснение роли активации и трансактивации сигнальных рецепторных путей, запускающих экспрессию генов, ответственных за пролиферацию, дифференцировку и апоптоз клеток, а также раскрытие механизмов межклеточной сигнализации. Следует ожидать кардинальных изменений в технических средствах исследования клетки, в том числе по развитию принципиально новых средств зондирования внутриклеточных процессов в их пространственно-временной организации.

В области биофизики и радиобиологии большую значимость имеет установление закономерностей, описывающих влияние физических факторов

внешней среды (магнитных и электромагнитных полей, света, звука, гравитации) на состояние биологических систем. Особая роль принадлежит установлению механизмов действия на генетический аппарат клеток ионизирующих излучений в низких и высоких дозах, в том числе механизмов хронического действия, и разработке фундаментальных основ создания радиопротекторов нового поколения.

Одними из важнейших направлений развития биологии являются математическое моделирование и биоинформатика, и роль их со временем будет только возрастать.

Большой объем исследований посвящен изучению разнообразия и идентификации новых штаммов микроорганизмов в различных регионах и средах. Развитие метагеномики открывает перспективы выявления не изученных ранее микроорганизмов, сосуществующих с человеком (микробиом человека) и играющих важную роль в его жизнедеятельности в норме и патологиях.

В области биохимии и физиологии растений многие исследования посвящены разработке фундаментальных основ регуляции и интеграции физиологических процессов в растительных системах различного уровня сложности в ходе онтогенеза и адаптации. Следует отметить, в частности, исследование физиологии, биохимии и экологии фотосинтеза, дыхания и фиксации азота как теоретической основы продукционного процесса.

Значительная часть названных выше направлений исследований имеет и будет иметь в будущем практически значимые выходы в виде многообразных биотехнологий на основе соединений различной химической природы, микроорганизмов, растений и животных. Большую роль в инновационных биотехнологических разработках играют биоинженерные и генно-инженерные решения.

Важнейшие достижения

Проведена ретроспективная оценка баланса углерода в лесах России с использованием математической модели РОБУЛ (региональная оценка бюджета углерода лесов) для 1998–2015 гг. Обнаружено, что сток углерода в лесах России снижается, начиная с 2008 г. Главная причина этого явления состоит в достижении лесами возраста, при котором активный сток, который возрастал в течение 20 лет из-за низкого уровня заготовки древесины в период с 1988 по 2008 год, уже невозможен. Основной потенциал поглощения углерода, связанный с ростом и развитием древостоя, исчерпан, что является источником возможных проблем в использовании лесов для целей Парижского соглашения. Развернутая некоторыми промышленными кругами кампания о якобы имеющейся недооценке лесных стоков в Национальном кадастре парниковых газов не находит научного подтверждения и препятствует формированию системы действенных мер по содействию поглощению углерода лесами России. (ЦЭПЛ РАН, д.б.н. Замолотчиков Д.Г.)

Проведен комплексный анализ сортов мягкой пшеницы российской селекции разных регионов с целью выявления генов, отвечающих за устойчивость к грибным заболеваниям и тип развития (яровое/озимое, сроки колошения). Найдены новые сорта-доноры, содержащие участки чужеродных хромосом, определяющих высокую устойчивость к заболеваниям, выявлены группы сортов с генами ранних сроков созревания. Определены сорта-доноры и перечень диагностических ДНК-маркеров для применения методов маркер-ориентированной селекции (рис. 30). Создан сорт пшеницы Новосибирская 61, полученный с помощью доноров и маркер-ориентированной селекции, сорт несет гены устойчивости пырея и вариант гена скороспелости, позволяющий выращивать сорт в условиях НСО. (ИЦиГ СО РАН, д.б.н. Салина Е.А., д.б.н. Першина Л.А., д.б.н. Гончаров Н.П., д.с/х. н. Лихенко И.Е.)

Сорт находится на Госсортоиспытании.

Разработан действующий прототип биосенсора, позволяющий выявлять нуклеотидные маркеры – специфические некодирующие РНК, включая микроРНК, сигнализирующие о развитии немелкоклеточного рака легкого. Уникальные характеристики биосенсора обеспечиваются оригинальными нанопроволобными транзисторами, несущими на поверхности новые типы зондов на основе разработанных аналогов олигонуклеотидов – фосфорилгуанидиновых олигонуклеотидов. (ИФП СО РАН, д.ф.-м.н. Наумова О.В.; ИХБФМ СО РАН, чл.-к. РАН Пышный Д.В. совместно с инновационными компаниями ООО «МБС-технология» и ООО «НooГен»)

На основе анализа флуоресценции мутантных вариантов флуоресцентного белка GFP разработан уникальный подход, который позволяет соотносить функцию (флуоресценцию) и первичную структуру для нескольких десятков тысяч мутантных вариантов белка с выявлением множества влияющих друг на друга замен аминокислот. Это делает возможным компьютерное предсказание свойств новых мутаций, а также имеет большое значение в таких областях, как молекулярная эволюция и белковая инженерия. Разработанный подход является новым в актуальной проблеме направленного создания фотостабильных вариантов флуоресцентных белков. (ИБХ РАН, руководитель чл.-к. РАН Лукьянов К.А.)

Созданы уникальные животные модели для биомедицинских исследований воспалительных, аутоиммунных и раковых заболеваний. В мышечной модели артрита обнаружена избирательная блокировка фактора некроза опухолей (ФНО) специфическим антителом MYST1, что позволяет считать этот специфичный блокатор ФНО в качестве потенциального препарата для лечения артрита и ряда аутоиммунных заболеваний. Установлена защитная роль ФНО в экспериментальной модели ишемической болезни сердца, при которой он контролирует активность сосудов и системное кровяное давление. Полученный результат дает возможность использовать молекулу фактора некроза опухоли в качестве регулятора ключевых процессов при болезнях сердца. (ИМБ РАН, ак. РАН Недоспасов С.А.)

Разработаны методы получения культуры клеток эндемичного для Вьетнама исчезающего вида женьшеня – продуцента уникальных биологически активных веществ. Культуры клеток полностью сохраняют способность к образованию и накоплению уникальных соединений.

Данные методы могут быть использованы для сохранения генофонда других редких видов растений и разработки эффективных биотехнологий получения возобновляемого растительного сырья для создания лекарств, нутрицевтиков и других ценных продуктов. (ИФР РАН, д.б.н. Носов А.М.)

Получены опытные образцы антимикробных препаратов нового поколения на основе бактериолитического фермента Л5 и экзополисахарида грамотрицательной бактерии *Lysobacter* sp. XL1. Эксперименты по установлению лечебной эффективности в отношении модельного стафилококкового сепсиса у мышей показали, что применение полученных препаратов приводит к улучшению состояния мышей, а также способствует полной элиминации культуры *S. aureus* 55 (MRSA) из печени, селезенки и частично из почек. (ИБФМ РАН, к.б.н. Васильева Н.В.)

По целому черепу из средне-верхнеэоценовой свиты Юганво в бассейне Маоминг, провинция Гуандон, Китай, описан новый род и вид нимравид *Maofelis cantonensis*. Этот плезиоморфный таксон документирует самую раннюю стадию развития саблезубой специализации, характерной для Nimravidae. Открытие маофелиса вместе с другими находками нимравид в среднем-позднем эоцене Азии свидетельствует, что происхождение и ранняя радиация семейства Nimravidae происходили в Азии. Эта группа распространилась в Северную Америку в позднем эоцене и в Европу в раннем олигоцене. (ЗИН РАН, д.б.н. Аверьянов А.О.)

Анализ изменения средних популяционных показателей дендрофильных насекомых в ельниках Московской области с 165 тыс. шт./га в 2012 г. до 1,4 тыс. шт./га в 2016 г. позволяет сделать вывод о затухании очагов размножения короеда-типографа. Макробиологические закономерности развития пандемических вспышек насекомых, указывают на циклический характер и неизбежность их повторения. Комплекс экологических факторов, связанных с влагообеспеченностью древостоев и поражением их патогенными грибами, приводит к резкому ослаблению ели и размножению дендрофильных насекомых. Хозяйственный ущерб возможно снизить за счет долгосрочного планирования возрастной и породной структуры ельников, совершенствования биотехнологии выращивания и ухода за еловыми культурами, мониторинга их состояния. (ИЛАН РАН, к.б.н. Петров А.В., к.б.н. Гурцев А.И.)

Показано, что изменения в темпах индивидуального развития (гетерохронии) составляют одно из частных следствий эволюционного процесса, а не его механизм, как принято считать.

Это лишь упрощенное линейное выражение качественных (системных) преобразований онтогенеза. Последние инициируются изменением взрослой нормы и прогрессируют в поколениях в направлении ранних стадий. Свиде-

тельством этой закономерности являются многочисленные примеры углубления гетерохроний в эволюции структур на фоне отсутствия выраженных изменений их взрослого состояния.

В особенностях структурного разнообразия древних амфибий прослеживаются те же главные закономерности, что и у современных организмов. Это, прежде всего: 1) наличие параллелей в спектрах aberrаций у родственных форм (в данном случае внутри группы *Temnospondyli*) и 2) частое соответствие вариаций у одних членов группы стабильным особенностям (разного ранга) у других ее представителей. Эти явления свидетельствуют о целостности эволюции онтогенеза как пространства возможностей развития. Она обуславливает высокую устойчивость и преемственность спектров реагирования живых систем в ходе эволюции. (ПИН РАН, д.б.н. Шишкин М.А.)

Установлена возможность получения высококачественных шампанских, коньячных виноматериалов, разработана биотехнология производства конкурентоспособных специальных вин из интродуцированных сортов винограда Молдова и Ркацители, произрастающих в условиях различной вертикальной поясности северо-западной зоны Дагестана. (ПИБР ДНЦ РАН)

Открыт и валидизирован новый вид бактерий *Pseudomonas turukhanskensis* (Korshunova et al., 2016). Типовой представитель этого вида выделен из нефтезагрязненной почвы Туруханского района Красноярского края, разлагает нефть и нефтепродукты при низких положительных температурах (рис. 31). На его основе разработан биопрепарат «Ленойл»®-NORD, для ликвидации последствий нефтезагрязнений в условиях Крайнего Севера.

Способ очистки нефтезагрязненных грунтов при низких положительных температурах с помощью этого психротолерантного штамма запатентован в Российской Федерации. (УИБ РАН, к.б.н. Коршунова)

Международной группой ученых исследован полиморфизм 483 целых геномов от представителей 148 популяций человека. Реконструкция демографической истории человечества показала, что кроме последней и самой успешной экспансии, начавшейся 75 тыс. лет тому назад, имела место более ранняя (примерно 120 тыс. лет назад) миграция, следы которой сохранились в геномах папуасов. В их геномах обнаружено около 2% генетических вариантов, унаследованных от представителей ранней миграционной волны *Homo sapiens* из Африки (рис. 32). (ИБПС ДВО РАН, к.б.н. Деренко М.В., Малярчук Б.А.)

В результате реализации крупного международного проекта опубликованы 2 монографии, в которых впервые обобщены сведения о птицах (435 видов) и прямокрылых насекомых (172 вида) юга Приморского края и полуострова Корея. Выявлены общие закономерности изменения таксономического состава и долговременные тренды динамики популяций птиц и насекомых в этой части Азиатско-Тихоокеанского региона. (БПИ ДВО РАН совместно с Национальным институтом биологических ресурсов, Республика Корея)

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Физиология сформировалась как ветвь естествознания, ее развитие шло по пути проникновения в механизмы физиологических функций, успехи физики и химии способствовали анализу физико-химических основ явлений жизни, функций организмов, революционное значение имело появление молекулярной биологии, физиологической генетики.

Ключевое значение в современном естествознании имеют проблемы развития физиологии в XXI в. Есть генетически заданная структура и ее функция, но существует огромный пласт явлений, касающихся модуляции, адаптации функции к ситуационной ситуации. Многоликость мельчайших изменений одного и того же белка при действии регуляторных факторов в клетке, в целостном организме находит отражение в разных формах его участия в одной и той же функции. Даже однояйцовые близнецы при практически полном генетическом сходстве несколько разнятся в своих функциональных отправлениях. Из сказанного следует, что неисчислимы функциональные реакции одних и тех же макромолекул в зависимости от влияния на них регуляторных молекул в мозаике физиологических функций целостного организма.

Достижения молекулярной биологии наших дней выявили фантастические возможности в анализе природы физиологических процессов; возникает проблема изучения механизмов реализации функций в конструкциях целостных организмов, имеет значение системный подход, реализуемый физиологией. Только сочетание упомянутых подходов с исследованиями *in vivo* позволит воссоздать недостающие звенья образа регуляции функций, обеспечить возможность следующего шага в познании истинной природы физиологического процесса и его регуляции *in vivo* и *in corpore*. Появляются новые методические приемы исследований функций, широкие возможности дает биоинформатика. Эти направления служат шагом в развитии физиологии и как фундаментальной науки, и безусловно необходимы для прикладного использования ее достижений в медицине, ветеринарии, спорте, физиологии экстремальных состояний.

Усилие интегративного подхода для понимания сути явлений в организме живых существ, осмысление невероятно больших массивов новых фактов при решении физиологических задач поможет осознанию роли каждого компонента системы в физиологической функции. Это предопределяет необходимость нового этапа в развитии физиологии, где на смену дифференциации наук идет время консолидации в едином мире Физиологии достижений нейронаук, физиологии висцеральных систем, физиологии иммунной системы, физиологии развития, физиологии движений. Для построения единой Физиологии необходимы знания о взаимодействии функций макро- и микроорганизмов, живущих в нем, микробиома, сравнительной физиологии, в том числе особенностей функций у разных групп мира животного, развития гравитационной и эволюционной физиологии. Задача в том, чтобы способствовать тенденциям нашего времени в совокупном использовании широкого круга подходов, информацион-

ных технологий, достижений новых наук для развития физиологических наук во имя главной цели – глубокого проникновения в природу физиологических явлений в механизмах осуществления функций, а в итоге – приложения этих данных для развития человека и его творческих возможностей. Достижения физиологии могут быть использованы для разработки новых технологических решений на основе смыслов, найденных природой и понятых физиологами.

Физиология относится к числу наук, которые будут развиваться, впитывая новые технологические решения для разностороннего понимания функций живых организмов. Проблемы физиологии неисчерпаемы, как сама жизнь. Не поддаются пока объяснению проблемы появления Человека, Сознания, Коэволюции, развития некоторых патологических состояний. Физиология как важная часть естествознания необходима в системе школьного и университетского образования. Выяснение физико-химической организации каждого из компонентов живых систем обретает реальное значение для организма только после понимания его места в целостном организме.

Важнейшие достижения

1. Установлено, что одной из причин развития гипогравитационного двигательного синдрома в условиях невесомости является нарушение миелинизации нервных волокон в спинном мозге и периферических нервов.

Негативное действие невесомости проявляется в нарушении функции опорно-двигательного аппарата – развивается патологическое состояние, которое называется гипогравитационный двигательный синдром. Успех длительных межпланетных полетов будет определяться достижениями в изучении патогенеза гипогравитационного двигательного синдрома и разработкой на этом базисе эффективных методов его профилактики и терапии.

Установлено, что в условиях моделирования последствий гипогравитации на Земле одним из факторов, приводящих к изменениям в скелетных мышцах, является демиелинизация нервных волокон спинного мозга и периферических нервов. Проведенное изучение спинного мозга и седалищного нерва подтвердило вывод о том, что важную роль в патогенезе гипогравитационного двигательного синдрома играет нейрогенный компонент. Так показано, что у мышей после 30-суточного космического полета на биоспутнике БИОН-М1 в центральной нервной системе и периферических нервах развиваются процессы демиелинизации, проявляющиеся в уменьшении средней толщины миелиновых оболочек двигательных и чувствительных аксонов проводящих путей и уменьшении в спинном мозге количества предшественников (Krox24-позитивных) и зрелых (OSP-позитивных) миелинообразующих клеток. (КИББ КазНЦ РАН, ГНЦ РФ ИМБП РАН, КГМУ)

2. Установлено, что стрессорные воздействия в раннем возрасте являются фактором риска развития депрессии у взрослых особей. Показано, что развитие депрессивноподобного поведения у животных, вызванное неонатальным

провоспалительным стрессом, сопровождается изменениями экспрессии нейротрофического фактора (BDNF) в мозге, изменениями состояния глии, нейрогенеза и синаптической пластичности гиппокампа на фоне нарушения функции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси и стрессреактивности. Разработана модель, позволяющая в динамике оценивать развитие депрессивноподобного и тревожного поведения, а также исследовать ключевые молекулярно-клеточные и нейроэндокринные механизмы патогенеза депрессии (рис 33). (ИВНД и НФ РАН)

3. Выявлен молекулярный механизм, управляющий расположением хромосом в метафазе митоза и обеспечивающий правильное разделение генетического материала при делении клетки. В основе механизма лежит формирование бистабильной реакционно-диффузной среды, обеспечивающей образование пространственного градиента ключевого митотического фермента киназы Авроры Б. Обнаружение этого механизма способствует разработке новых подходов к терапии онкологических заболеваний. (ЦТП ФХФ РАН)

4. В рамках Российско-Европейского проекта «ЭкзоМарс» на космическом аппарате TGO (TraceGasOrbiter) в составе научной аппаратуры ИКИ РАН FRIEND (предназначенной для поиска воды на Марсе по данным орбитальных измерений) установлен научный модуль «Люлин-МО» (ГНЦ РФ ИМБП РАН) для радиационного зондирования трассы Земля–Марс (рис. 34).

Предварительный анализ полученных данных о вариациях мощности поглощенной дозы на трассе полета Земля–Марс, а также о спектрах ионизационных потерь, необходимых для оценки эквивалентной дозы показал, что значения средней за перелет мощности дозы составляют $0,38 \pm 0,06$ мГр/сут (соответствует $\sim 1,2$ средней поглощенной дозы в отсеках МКС); $1,9 \pm 0,4$ мЗв/сут (в ~ 2 раза превышает мощность эквивалентной дозы в отсеках МКС); средний коэффициент качества излучения $QF = 5 \pm 1$. Таким образом, радиационные условия на маршрутах межпланетных космических полетов и на околоземной орбите существенно отличаются. Полученные данные необходимы для создания системы обеспечения радиационной безопасности космонавтов в будущих полетах на Луну, Марс и другие космические объекты. (ГНЦ РФ ИМБП РАН)

5. Завершена разработка и промышленное освоение оригинального отечественного психостимулятора Локсидана, превосходящего мировые аналоги препаратов данной группы. (НИИ фармакологии им. В.В. Закусова)

6. Установлена ключевая роль чрезмерного выброса глюкокортикоидных гормонов при травматическом стрессе в патогенезе посттравматического стрессового расстройства (ПТСР). В экспериментальной модели ПТСР на крысах установлено, что в ответ на травматический стресс наблюдается многократно усиленный выброс глюкокортикоидных гормонов в кровь (сверхвыброс). Пренатальный стресс усугублял эффект травматического воздействия на уровень глюкокортикоидов, который в равной мере проявлялся у самцов и самок. Гипоксическое прекондиционирование сопровождалось снижением амплитуды сверхвыброса глюкокортикоидов на 30%, ослаблением тревожно-де-

прессивной симптоматики и нормализацией гормональной регуляции. Блокада сверхвыброса глюкокортикоидов введением метирапона предотвращала формирование экспериментального ПТСР. Данные свидетельствуют о ключевой роли сверхвыброса глюкокортикоидных гормонов в патогенезе ПТСР, очевидно, являющегося первичным звеном, запускающим каскад патогенетических механизмов. (ИФ РАН)

7. При исследовании ПЭТ³ с ¹¹C-метионином больных после противоопухолевой терапии выделены и верифицированы метаболические критерии частичного и полного ответа на лечение. Снижение биологической агрессивности опухоли опережает изменение ее величины, и у половины больных со стабильной картиной на МРТ при ПЭТ можно документировать снижение метаболизма опухоли. Установлено, что именно метаболический ответ опухоли по ПЭТ позволяет прогнозировать продолжительность жизни без рецидива. Результаты обосновывают использование ПЭТ для выяснения чувствительности опухоли к используемой терапии, решения вопроса об объеме поддерживающей терапии и возможности ее завершения. (ИМЧ РАН)

8. Накопление гомоцистеина в ЦНС при мигренях и различных нейродегенеративных заболеваниях активирует в нейронах NMDA рецепторы GluN2A подтипа, которые расположены преимущественно в синапсе. Токсический эффект гомоцистеина вызывает гибель нейронов, что предотвращается белком CGRP, который является медиатором боли при мигренях. Эффект CGRP зависит от активации протеинкиназы-A и кальмодулинзависимой киназы-II, что является естественным нейропротекторным механизмом в центральной и периферической нервных системах. (ИЭФБ РАН)

9. Исследования эндокринной системы птиц японского перепела после экспозиции в условиях космического полета (КП) показали: существенное снижение функциональной секреторной активности фолликулов щитовидной железы и, как следствие, уменьшение содержания гормона тиронина в крови у самок – в 8 раз, у самцов – в 40 раз; увеличение главных и базофильных клеток с вакуолизацией цитоплазмы в передней доли гипофиза, что говорит о слабой функциональной активности в выработке тиреостимулирующего гормона и адренокортикотропного гормона; в надпочечниках увеличение секреторной активности коркового вещества, сопровождающееся повышенным выделением кортикостероидов, что подтверждается анализами крови. У птиц из полетной группы в 1,5 раза превышено содержание кортикостерона в крови по сравнению с контролем.

Полученные результаты позволяют объяснить особенности изменений в эндокринной системе животных и человека при воздействии космических излучений, невесомости и других факторов КП. Их практическое использование необходимо для создания средств профилактики негативных влияний на секре-

³ ПЭТ – позитронная эмиссионная томография.

торную активность эндокринных желез и разработки предложений по составу питательных веществ пищевых рационов и медикаментозных средств для межпланетных КП. (ГНЦ РФ ИМБП РАН)

10. Применение разработанной медицинской технологии ингаляции ксенона повышает эффективность восстановительно-реабилитационных мероприятий у широкого круга специалистов опасных профессий. Сочетание ингаляций ксенона в субнаркологических дозах с традиционными методами коррекции невротических расстройств, связанных со стрессом и наличием упорных травматических воспоминаний, существенно снижает последующую экспрессию памяти о пережитом страхе. Установлено, что при использовании ингаляции ксенона эффективность редукции выше по сравнению с контролем на 40,3%. Наблюдается уменьшение тета-активности (по ЭЭГ⁴) при одновременном увеличении вариативности работы мозга (по параметру хаотической размерности D2 ЭЭГ) по отношению к контролю.

Методика применения медицинского ксенона предлагается в качестве перспективной составляющей комплексной терапии посттравматических стрессовых расстройств, связанных с реконсолидацией травматических следов памяти у лиц опасных профессий и комбатантов. (ГНЦ РФ ИМБП РАН)

11. Исследование на модели наследуемой эпилепсии (крысы линии WAG/Rij) показало, что эпигенетический фактор, такой как высокий уровень проявления материнской заботы, подавляет экспрессию симптомов absence-эпилепсии и коморбидной депрессии, а также нормализует активность мезолимбической дофаминергической системы мозга у потомства с генетической предрасположенностью к патологии. Предполагается, что усиление материнской заботы в раннем возрасте может быть использовано для предотвращения эпилептогенеза и экспрессии коморбидной депрессии у людей с генетической предрасположенностью к absence-эпилепсии. (ИВНД и НФ РАН)

12. Проведена оценка ДНК-повреждений в миокарде крыс через 30 мин, 1 час, 3 часа, 6 часов и 24 часа после моделирования ишемического инфаркта с использованием метода ДНК-комет. Установлено увеличение уровней ДНК-повреждений, начиная с 30 мин после ишемии с последующим снижением к 24 ч наблюдения. Выявлены атипичные ДНК-кометы, имеющие форму стандартных ДНК-комет, но содержащие значительно меньшее количество ДНК. Данный феномен в литературе на сегодняшний день не описан. Атипичные ДНК-кометы выявляются также в миокарде контрольных животных с ложным оперированием и их содержание остается постоянным независимо от срока после хирургической манипуляции. (НИИ фармакологии им. В.В. Закусова)

13. Нейромаркеры нарушения когнитивного контроля при шизофрении и синдроме дефицита внимания качественно различны. Определены функциональные нейромаркеры различных когнитивных операций (методом слепого

⁴ ЭЭГ – электроэнцефалография, представляет собой метод исследования, позволяющий оценить состояние и деятельность головного мозга.

выделения источников). Показано, что нейромаркеры операции подавления действий уменьшены у обеих групп больных, однако нейромаркеры детекции конфликта селективно уменьшены только при шизофрении, а нейромаркеры обновления контекста уменьшены только при синдроме дефицита внимания. Полученные данные могут быть использованы для объективной диагностики и прогноза воздействия методов лечения на симптомы заболевания. (ИМЧ РАН)

14. Установлена пространственно-временная модуляция спинальных нейронных локомоторных сетей. Разработана стратегия нейромодуляции нейронных спинальных сетей, основанная на адресной динамической электрической стимуляции флексорных и экстензорных моторных пулов в зависимости от их активности в шагательном цикле. Пространственная избирательность воздействия на флексорные (L2) или экстензорные (S1) пулы и их временная модуляция обеспечивается на основе проприоцептивной обратной связи. Такая концептуально новая стратегия позволила регулировать баланс и обеспечивать квадрипедальную ходьбу у спинализированных крыс. Выявлены условия интеграции стимулирующих воздействий при мультисегментарной стимуляции спинного мозга. Определены временные интервалы между стимуляцией ростральных (L2) и каудальных (S1) сегментов, оказывающие кумулятивный облегчающий эффект на нейронные локомоторные сети. Установлено, что чрескожная стимуляция спинного мозга и механическая стимуляция опорной поверхности стопы являются эффективным способом регуляции сенсорно-моторной функции у человека. (ИФ РАН)

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

В 2016 г. по разделу «VIII. Медицинские науки» Программы фундаментальных наук государственных академий наук 41 учреждениями, находящимися под научно-методическим руководством отделения, проводились исследования, сгруппированные в 58 направлений Программы.

Рассмотрены и согласованы проекты планов НИР 49 организаций, находящихся под научно-методическим руководством отделения медицинских наук РАН.

В рамках работы над материалами для доклада были отобраны важнейшие достижения в области медицины ВУЗов медицинского профиля, учреждений ФАНО и Минздрава России.

Перспективы развития клинической медицины

1. В области акушерства, гинекологии, репродуктивной и перинатальной медицины: исследование патогенетических механизмов рецидивирования репродуктивно значимых инфекций, включая выявление детерминант антибиотикорезистентности, маркеров вирулентности и генотипирование микроорганизмов; разработка научных подходов к генной терапии наследствен-

ных и мультифакторных заболеваний в гинекологической практике с помощью направленной доставки генетических конструкций в составе нуклеопептидных комплексов; инновационных систем неинвазивной детекции генетической патологии у плода; хирургических методик, в том числе мехатронных роботассистированных в комбинированном лечении гиперпластических процессов и опухолей репродуктивной системы.

2. В области неврологии и нейронаук: разработка методов, направленных на увеличение резервов мозга у лиц зрелого и старческого возраста, обеспечение активного творческого долголетия.

3. В области реаниматологии и реабилитологии: разработка доказательных методик определения реабилитационного потенциала и восстановления пациентов после тяжелых заболеваний и повреждений, особенно при неврологической патологии; исследования в области нейрогастроэнтерологии, метаболической реабилитации, медицинского использования мехатроники, функциональной гемодинамики, респираторных технологий; изучение температурного баланса поврежденного головного мозга пациентов и эффективности краниоцеребральной гипотермии в посткоматозном периоде; создание и адаптация мехатронных технологий для реабилитации больных.

4. В области психиатрии: идентификации молекулярно-биологических и психологических маркеров, связанных с психическими заболеваниями в различных возрастных, гендерных и социальных группах населения; внедрение современных нейроимиджинговых технологий изучения мозговых процессов (прижизненных методов визуализации структуры, метаболизма, кровотока и картирования функций мозга) в норме и при психической патологии; построение эпидемиологических моделей прогнозирования рисков психических расстройств и зависимости, включая суицидальное поведение в различных возрастных, гендерных и социальных группах населения, а также учет социально-экономических последствий психических заболеваний; разработка и внедрение инновационных патогенетически обоснованных методов терапии, разработка и внедрение инновационных полипрофессиональных программ психосоциальной терапии и реабилитации пациентов, страдающих психическими расстройствами.

5. В области хирургии: разработка мининвазивных и эндоскопических технологий, тесно связанных с этим роботических технологий во всех областях реконструктивной хирургии, а также разработка и внедрение наиболее эффективных способов профилактики и лечения хирургической инфекции.

6. 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.

7. В области ревматологии: внедрение новейших разработок в области молекулярно-биологических исследований по поиску протеомных и геномных биомаркеров, направленных на оценку риска развития заболевания, скорости его прогрессирования, характера поражения внутренних органов, прогнозирования эффективности терапии и риска возникновения побочных эффектов; доступность для пациентов высокотехнологичных методов лечения, в том числе генно-инженерных биологических препаратов; разработка персонифицированных лечебно-реабилитационных программ, создание научно обоснованных единых Российских национальных рекомендаций по ведению пациентов с иммуновоспалительными ревматическими заболеваниями; создание биобанка биологических жидкостей и тканей для последующего углубленного генетического и молекулярно-биологического анализа.

8. В области фтизиатрии: 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 у ВИЧ-отрицательных больных туберкулезом; разработка и усовершенствование диагностических тест-систем раннего выявления туберкулеза на основе технологий ДНК-микрочипов, масс-спектрометрии, лазерной флюоресценции, иммунохимии, алгоритмов диагностики туберкулеза у пациентов на поздних стадиях ВИЧ-инфекции; испытание новых противотуберкулезных вакцин, обеспечивающих эффективную доконтактную и постконтактную профилактику, и противотуберкулезных препаратов на генетически различных по чувствительности к туберкулезу экспериментальных животных.

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, разработка способов диагностики и профилактики менделирующих и мультифакториальных заболеваний.

3. Разработка способов патогенетического лечения наследственных болезней, а также методов генотерапии, включая 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 *in vitro* 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 – 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 клеточных препаратов, обеспечивающих регенеративные процессы в органах и тканях на основе паракринных и структурных эффектов.

Перспективы развития профилактической медицины

1. Изучение и мониторинг здоровья населения России, мониторинг факторов риска для здоровья населения и управление факторами риска.

2. Формирование комплексных систем и технологий охраны здоровья населения, в том числе формирование здорового образа жизни у населения.

3. Расшировка молекулярных механизмов ассимиляции пищевых и минорных биологически активных веществ для уточнения формулы оптимального питания различных групп детского и взрослого населения и величин физиологических потребностей человека.

4. Мониторинг состояния питания и здоровья населения, оценка риска развития алиментарнозависимых заболеваний и поиск информативных биомаркеров для ранней диагностики и прогнозирования формирования этих заболеваний. Разработка принципов и подходов к персонализированной диетотерапии алиментарнозависимых заболеваний.

5. В области обеспечения безопасности пищевой продукции:

– установление молекулярных механизмов действия и метаболизма загрязнителей пищевой продукции природного и антропогенного происхождения и пищевых добавок, обоснование регламентов их содержания в пищевой продукции и разработка высокочувствительных методов их обнаружения, идентификации и количественного определения в пищевой продукции и биологических средах;

– обеспечение био- и нанобезопасности пищевой продукции, полученной с использованием генетически модифицированных организмов растительного, животного и микробного происхождения, синтетической биологии и нанотехнологий.

6. Разработка инновационных технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья для получения пищевых ингредиентов и новых специализированных (детского питания, для беременных и кормящих женщин, пожилых людей, продуктов для лечебного и профилактического питания, спортсменов, спецконтингентов), обогащенных и функциональных пищевых продуктов.

7. Получение комплекса знаний о механизмах развития антибиотикорезистентности патогенных микроорганизмов. Теоретическое и экспериментальное обоснование принципов оптимизации антибиотикотерапии и разработки новых подходов к прогнозированию «антимутантных» режимов лечения, обеспечивающих профилактику развития антибиотикорезистентности.

8. Разработка технологий трансляционной медицины в области вакцин и иммунопрофилактики на базе фундаментальных научных исследований, выполняемых с использованием геномных и постгеномных технологий, методов молекулярной и синтетической биологии позволит выйти на новый качественный уровень развития медицинской науки, промышленности и здравоохранения, снизить заболеваемость, смертность и инвалидизацию, вызванные заболеваниями инфекционного генеза, обеспечить импортнезависимость и приоритеты развития науки и биотехнологий России на мировом уровне.

9. Разработка принципов и алгоритмов инновационных медицинских технологий диагностики ранних признаков воздействия неблагоприятных факторов производственной среды, как основы системы оценки рисков нарушения здоровья и лечебно-профилактических мероприятий.

10. Обоснование методологии перехода от действующей системы гигиенического нормирования (ПДК, ПДУ) к рискориентированным моделям оценки интегральных экспозиций факторов производственной и окружающей среды для разработки эффективных ресурсосберегающих превентивных мероприятий, дифференцированных по уровням внедрения – предприятие, производственная технология, работник.

Одними из актуальных и перспективных направлений развития медицинской науки является:

1. Разработка интегральной межсекционной комплексной программы по проекту «Спорт» и создание в ее рамках Системы многоуровневой диагностики нарушений пищевого статуса и оптимизации питания спортсменов разного уровня подготовки для повышения их адаптационного потенциала, спортивной формы и обеспечения условий для достижения высоких спортивных результатов, обеспечивающей также улучшение качества жизни спортсменов, контроль их состояния здоровья, выявление метаболомных нарушений организма, снижение риска развития алиментарнозависимых заболеваний при повышенной физической нагрузке.

2. Разработка интегральной межсекционной комплексной программы «Арктика», направленной на профилактику развития социально значимых неинфекционных и инфекционных заболеваний коренного и пришлого населения арктических зон, улучшение адаптационного потенциала, состояния здоровья и качества жизни проживающих на северных территориях.

3. Изменение концепции организации подготовки кадров в аспирантуре:

– серьезной проблемой является недостаток молодых высококвалифицированных кадров в научных организациях, выполняющих фундаментальные и поисковые исследования;

– для повышения качества обучения и совершенствования системы подготовки научных кадров необходимо восстановление «академической» аспирантуры, предусматривающей обязательную подготовку и защиту диссертационной работы, а также увеличение в образовательных программах доли часов, отведенных на выполнение научно-исследовательской работы.

Принятие решения о поддержке изменения концепции подготовки научных кадров в стране потребует внесения изменения в действующие федеральные законы и принятия отдельных подзаконных актов, регламентирующих образовательную и научную деятельность.

Важнейшие достижения

1. Персонафицированная гибридная хирургия расслаивающих аневризм аорты

Расслоение аорты – распространенное заболевание, которое вовлекает все органы и ткани организма в патологический процесс. Не существует методов замены всей пораженной аорты, позволяющих добиться удовлетворительных результатов. Только сочетание открытого, хирургического и внутрисосудистого методов лечения позволяет выполнять радикальные операции без значимого увеличения риска вмешательства.

Разработан комплексный персонафицированный подход к гибриднему хирургическому лечению расслоений аорты с учетом индивидуальной специфики поражения органа, предложены новые технологии реконструкций аорты в зависимости от стадии поражения и характера нарушений гемодинамики в просветах расслоенной аорты (рис. 35).

Разработанная научно-клиническая программа позволила уменьшить хирургическую летальность с 12,3 до 4%, снизить частоту послеоперационных неврологических расстройств с 10,4 до 3%, полиорганной недостаточности с 15 до 2%, улучшить отдаленную выживаемость до 98% и снизить частоту повторных вмешательств до 2%.

В результате работы решены значимые медико-социальные задачи:

- снижена смертность больных и улучшено качество жизни пациентов;
- обеспечены условия для полноценной социальной реабилитации;
- созданы принципиально новые отечественные хирургические и анестези-

ологические технологии, направленные на дальнейшее развитие реконструктивной хирургии аорты. (РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, академик РАН Белов Ю.В., чл.-корр. РАН Чарчян Э.Р., Абугов С.А.)

2. «Молекулярные отпечатки» для анализа белков-кардиомаркеров

В институте биомедицинской химии им. В.Н. Ореховича разработаны методы электросинтеза молекулярно импринтированных полимеров (МИП) в качестве искусственных антител (рис. 36). Аналитические параметры полимерных искусственных антител сравнимы с антителами.

Анализ и количественное определение белков – маркеров заболеваний, в частности, миоглобина – одного из наиболее ранних биомаркеров инфаркта миокарда, возможно при использовании распознающих биомолекул.

Разработанные электрохимические сенсорные системы на основе молекулярно импринтированных полимеров (МИП) в качестве аналогов антител могут быть использованы для проведения анализа клинических образцов плазмы крови больных с острым инфарктом миокарда. (ИБМХ)

3. ДНК-панель для ранней диагностики социально значимых дегенеративных заболеваний мозга (болезни Паркинсона, Альцгеймера и др.)

Создана оригинальная отечественная диагностическая панель на основе геномных технологий нового поколения (NGS), не уступающая лучшим зарубежным образцам и предназначенная для высокоэффективного скрининга мутаций в 300 генах социально значимых нейродегенеративных заболеваний.

Она позволяет сократить время диагностики в 8–10 раз и снизить ее стоимость в 6–8 раз, что обеспечивает принципиально новые возможности для ранней диагностики и профилактики дегенеративной патологии мозга в популяции. (НЦН, ЗАО «Синтол»)

Созданная таргетная ДНК-панель для ранней диагностики и профилактики социально значимых дегенеративных заболеваний мозга, основанная на геномных технологиях нового поколения, полностью соответствует лучшим мировым аналогам. Авторы: Иллариошкин С.Н., Абрамычева Н.Ю., Федотова Е.Ю., Ключников С.А., Степанова М.С., Тимербаева С.Л. (НЦН); Алексеев Я.И., Устинова В.В. (ЗАО «Синтол»)

4. Технология – мозг–компьютер–интерфейс с экзоскелетом для больных с инсультом

Проведено первое в мире клиническое многоцентровое слепое контролируемое исследование эффективности неинвазивного интерфейса мозг–компьютер с экзоскелетом, показавшее, что данная инновационная технология в 3 раза увеличивает долю пациентов с клинически значимым восстановлением двигательной функции руки после инсульта по сравнению с группой контроля.

Результаты этого исследования вносят существенный вклад в развитие технологии интерфейса мозг–компьютер и служат основой для создания отечественного инновационного продукта (устройства) для использования в реальном секторе экономики с целью совершенствования реабилитационной помощи пациентам трудоспособного возраста. Авторы: Пирадов М.А., Черникова Л.А., Люкманов Р.Х., Мокиенко О.А., Азиатская Г.А., Супонева Н.А., Варако Н.А. (НЦН); Фролов А.А., Бобров П.Д., Бирюкова Е.В. (ИВНД и НФ РАН); Лукьянов А.Л., Иванова Г.Е., Надарейшвили Г.Г. (РНИМУ им. Н.И. Пирогова); Котов С.В., Турбина Л.Г. (МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского)

5. Новое поколение интерактивной нейротерапии

Нейротерапия – лечебно-реабилитационная технология, основанная на способности человека после соответствующей тренировки обучаться целенаправленному управлению активностью головного мозга (чаще всего, ЭЭГ). В НИИМББ создана единственная в мире работающая система, в которой пациенты овладевают навыками изменения фМРТ⁵-сигнала (кровоснабжения конкретных участков головного мозга) и ЭЭГ, синхронно фиксируемых внутри МР-томографа. В данный момент система апробирована для управления активностью моторных зон коры, связанных с движением кисти, на здоровых людях, продолжаются исследования на постинсультных больных. У последних отмечается большая подвижность конечностей, уверенность в движениях, восстановление проприоцепции. Таким образом, система предварительно демонстрирует свою высокую эффективность в восстановительной терапии инфарктов мозга (инсультов) и может служить основой новой прорывной технологии. Отметим, что сегодня среди выживших инвалидность составляет 40–60%, затраты бюджета до 64 млрд руб. ежегодно.

6. Малоинвазивная система репротезирования

В НИИ КПССЗ разработана малоинвазивная система для имплантации по технологии «клапан-в-клапан» без необходимости удаления ранее имплантированного биопротеза клапана сердца. Проведенные исследования *in vitro* продемонстрировали высокие гидродинамические показатели разработанного биопротеза, не уступающие показателям большинства первично имплантируемых устройств, и высокую циклическую надежность конструкции устройства. Клиническое применение данного протеза будет способствовать снижению риска осложнений повторных операций, позволит сократить период реабилитации пациента и расширить спектр высокотехнологичных вмешательств на клапанах сердца. Авторы: Клышников К.Ю., Овчаренко Е.А., Кудрявцева Ю.А., Стасев А.Н., Барбараш Л.С.

⁵ фМРТ – функциональная магнитно-резонансная томография (англ. Functional magnetic resonance imaging) — разновидность магнитно-резонансной томографии.

7. Сочетанный метод лечения травматических повреждений с применением современных хирургических методов и клеточных технологий

В НИДОИ им. Г.И. Турнера впервые использован сочетанный метод лечения травматических повреждений с применением современных хирургических методов и клеточных технологий. Благодаря такому сочетанию методов лечения впервые получено полное функциональное и косметическое восстановление у девочки с сочетанным повреждением лица, туловища и конечностей. В настоящее время девочка – трехкратная чемпионка Европы по спортивным танцам.

8. Биомеханический протез предплечья и кисти с автономным движением пальцев кисти

Впервые в России разработан и применен биомеханический протез предплечья и кисти у девочки с врожденным пороком развития. Отличительной особенностью протеза является автономное движение пальцев кисти. Управление протезом происходит благодаря сокращению сохранных мышц верхней конечности. (НИДОИ им. Г.И. Турнера, СПбПУ)

9. Разработка инновационных технологий создания новых отечественных вакцин

НИИВС им. И.И. Мечникова разработаны инновационные технологии создания новых отечественных вакцин:

– ассоциированной 4-компонентной вакцины против кори, эпидемического паротита, краснухи, ветряной оспы. (ТЕТРА-КВЭПК, авторы: академик РАН Зверев В.В., д.м.н. Нагиева Ф.Г., к.б.н. Баркова Е.П., к.м.н. Никулина В.Г., Лисаков А.Н.);

– для профилактики ветряной оспы у детей;

– для профилактики опоясывающего лишая у взрослых. (Авторы: д.м.н., профессор Лавров В.Ф., д.м.н. Нагиева Ф.Г., к.б.н. Баркова Е.П., к.м.н. Никулина В.Г., Лисаков А.Н.)

Созданные технологии выращивания вакцинных вирусов на едином клеточном субстрате диплоидных клеток легких эмбриона человека и получения внеклеточного вируса обеспечивают высокую рентабельность производства, иммуногенность, отсутствие микробиологической и органической контаминации вакцины.

Впервые в мире получены отечественные аттенуированные штаммы вируса *Varicella zoster* для создания монокомпонентных живых культуральных вакцин для персонализированной профилактики ветряной оспы у детей и опоясывающего лишая у взрослых.

Вакцины будут превосходить зарубежные аналоги по показателям эффективности и безопасности применения. Планируется оформление патентов.

10. Фундаментальные разработки повышения качества пищевой продукции

На основании фундаментальных исследований Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи разработаны:

– «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» (утверждена Правительством России, 2016 г.);

– методология оценки питания и здоровья населения. Установлены нарушения питания населения во всех субъектах Российской Федерации (более 100 000 обследований). Утверждены Минздравом России «Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания»;

– 21 национальный и межгосударственный стандарт на специализированную пищевую продукцию и на методы ее контроля, а также более 30 специализированных продуктов детского питания, питания для спецконтингентов и космонавтов, продуктов профилактического и лечебного питания.

Впервые в мировой практике создана нормативная база из более 50 нормативно-методических документов, устанавливающих порядок, методы оценки и контроля безопасности наноматериалов и нанотехнологий, используемая для экспертизы, которая обеспечила возможность экспертизы оценки безопасности всех промышленных проектов в области нанотехнологий (более 200).

11. Фундаментальные разработки новых технологий обеспечения безопасности продукции, полученной с использованием ГМО животных

Фундаментальные разработки обеспечения безопасности продукции, полученной с использованием новых технологий, в том числе с использованием эпигенетических исследований, обеспечили возможность разработки и внедрения новых подходов к оценке ГМО животного и растительного происхождения с комбинированными признаками:

– определены, апробированы и включены в систему оценки безопасности ГМО новые чувствительные биомаркеры;

– создана система оценки безопасности ГМО животного происхождения;

– сформированы требования к проведению оценки безопасности ГМО с комбинированными признаками (МУ 2.3.2.3388-16).

Новое в системе контроля за ГМО:

– сформированы требования к валидации новых методов контроля за ГМО (МУК 4.2.3389-16);

– разработан и внедрен метод детекции и идентификации ГМО растительного происхождения в матричном формате (МУК 4.2.3390-16). (ФИЦ питания и биотехнологии);

– отработаны методы идентификации новых линий ГМ кукурузы и ГМ сои (МУК 4.2.3309-15).

Авторы: Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Хотимченко С.А., Батурич А.К., Гмошинский И.В., Тышко Н.В., Добровольский В.Ф., Симоненко С.В., Мартинчик А.Н., Кочеткова А.А., Камбаров А.О., Багрянцева О.В., Поляков В.А. и др.

По данной тематике опубликовано 4 методические рекомендации, 24 статьи в журналах, индексируемых в WOS и Scopus.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Фундаментальные исследования в области наук о Земле традиционно направлены на получение новых знаний о зарождении и эволюции Земли, о ее внутреннем строении, характере и природе происходящих в ее недрах процессов, закономерностях их проявления во времени и пространстве. При этом получение фундаментальных знаний, помимо чисто научного интереса, неизменно ориентировано на решение важнейших для устойчивого и безопасного развития общества прикладных задач, среди которых: развитие минерально-сырьевой базы, изучение, прогноз и предупреждение опасных катастрофических природных и техногенных явлений, изучение причин и механизмов изменения окружающей среды и климата. В этом ряду не последнее место занимает мониторинг процессов антропогенного воздействия на природу и ее отклика 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 в геополитическом отношении имеют исследования в Арктическом регионе, в районах Сибири и Дальнего Востока.

При таком разнообразии проблем и задач, стоящих перед науками о Земле, вполне естественна и существующая широта подходов при ее изучении, осуществляемом целым комплексом дисциплин и специальностей, группирующихся в геологические, геофизические, геохимические, горные и географические науки, науки об атмосфере, водах суши, о Мировом океане. Исходя из понимания особой роли в эволюции Земли взаимодействия и взаимовлияния процессов, происходящих во внешних и внутренних земных оболочках, большое значение придается междисциплинарному сотрудничеству ученых не только внутри отделения, но в смежных науках и областях знаний.

Практическая реализация таких комплексных и междисциплинарных исследований осуществлялась по пятнадцати направлениям Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы, которые охватывают большинство наиболее актуальных фундаментальных проблем последнего времени, стоящих перед учеными, работающими в области наук о Земле.

Направление **«Геодинамические закономерности вещественно-структурной эволюции твердых оболочек Земли»**. Исследования в этом направлении в отчетный период включали вопросы выяснения источников, сил и механизмов реализации тектонических движений во внутренних оболочках Земли, закономерностей их строения, а также плитно-тектонические реконструкции глобального и регионального масштаба на разные временные отрезки и почти на всю длительность эволюции литосферы и земной коры. Привлечение и совместный анализ обширной геолого-геофизической информации, включая данные сейсмотомографии, изотопно-геохронологического датирования, палео-

магнитных результатов позволяет с новым качеством подходить к решениям выше названных вопросов. Эти исследования оказываются тем более важными, что от их результатов во многом зависит успех не только в продвижении фундаментальных основ геологических знаний, но и в отстаивании геополитических интересов России. В данном случае это касается проблем расширения акваторий российского арктического шельфа, связанных с необходимостью поиска доказательной аргументации континентальной природы океанического дна северных морей и единства его структур со структурами прилегающей материковой части России. В этом отношении принципиально значимыми являются новейшие оригинальные результаты, полученные учеными из академических институтов Москвы и Новосибирска. Так, впервые на основании прямого опробования коренных пород дна с помощью технических средств научно-исследовательской подводной лодки в юго-западной части поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан), а также – анализа материалов, полученных при батиметрической съемке и видеонаблюдении, объективно доказана континентальная природа пород (кварцитопесчаники и др.), слагающих это поднятие, что является важнейшим аргументом в пользу его включения в экономическую зону России в Восточной Арктике (ГИН РАН). Также в этом ключе важны результаты изучения строения и развития Новосибирских островов, для которых на основе новейших данных разработаны сценарии их геологической истории и построены палеотектонические реконструкции для кембрия и ордовика (520–440 млн лет назад), раскрывающие палеогеографию осадочных бассейнов и кинематику дрейфа террейнов Восточной Арктики (ИНГГ СО РАН). Существенным вкладом в изучение Арктического региона и в понимание его длительной эволюции является новая региональная геодинамическая модель, описывающая меловую и кайнозойскую эволюцию литосферы Арктики и Северо-Восточной Азии. Модель основывается на представлении о существовании горизонтально протяженной конвективной ячейки в верхней мантии, сопряженной с конвейерным механизмом субдукции тихоокеанской литосферы. В рамках предложенной модели находят свое естественное физическое объяснение такие известные тектономагматические процессы, как отступление островных дуг в сторону океана с образованием задуговых бассейнов, возникновение континентальных рифтовых зон и магматических провинций на значительных (более 1000 км) расстояниях от зон субдукции и т.д. (ИО РАН)

Отдельные фундаментальные вопросы глубинной и региональной геодинамики находят свое решение как на основе интерпретации природных геологических данных и инструментальных наблюдений, так и путем построения численных моделей. В частности, заслуживают внимания геодинамические реконструкции, основанные на новейших петрологических, геохимических и геохронологических материалах, для Северного Казахстана на временной интервал кембрия-раннего ордовика (ГИН РАН), для Центрально-Азиатского складчатого пояса (в пределах южной Сибири и Монголии) на период венда-среднего палеозоя. (ИГМ СО РАН)

Для Сибирского кратона показано, что в интервале 1,9–0,7 млрд лет он составлял с Североамериканским кратоном единое «ядро», вокруг которого на различных этапах геологической истории были сформированы два суперконтинента: Колумбия (1,7 млрд лет назад) и Родиния (1,1 млрд лет назад). В их пределах выявлены неоднократные синхронные эпизоды формирования крупных изверженных провинций, связанных с активизацией плюмовых процессов (ИЗК СО РАН, ИГАБМ СО РАН). Мантийные плюмы и их роль в формировании и преобразовании континентальной коры рассмотрены также в пределах Монголо-Охотского пояса, где с их проявлением связывается формирование позднепалеозойской Центрально-Азиатской рифтовой системы. Для этого региона предложена модель, связывающая особенности состава, строения и геологической позиции интрузивных массивов с воздействием мантийных плюмов на литосферу складчатой области, подвергшуюся предварительной деляминации с образованием астеносферных ловушек в основании коры (ИГЕМ РАН). На основе данных сейсмотомографии и на примере района Тобы (Суматра) оценены условия проявления супервулканизма в зонах субдукции и показан многоуровневый характер миграции флюидов и расплавов. Предполагается, что выделение большого количества тепла и флюидов из магматических очагов вызывает плавление верхней коры, что приводит к суперизвержениям. (ИНГГ СО РАН)

Из численных геодинамических построений представляет интерес пульсационная модель мантийного плюма, в которой впервые учтено не непрерывное поступление разогретого вещества со дна мантии посредством сплошных конвективных струй, а порционное, что позволяет объяснить возникновение цепочек Горячих точек и формирование островных цепей Гавайского типа. (ИФЗ РАН)

В направлении **«Фундаментальные проблемы развития литогенетических, магматических, метаморфических и минералообразующих систем»**, объединяющем такие дисциплины как магматическая и метаморфическая петрология, минералогия и литология, развитие научных исследований и получение значимых результатов основано на тесной взаимосвязи аналитических исследований, выполненных на природных объектах, и экспериментального и числового моделирования минерально-парагенетических систем, приближенных по ряду параметров к природным. Центральное место в данной проблематике в отчетный период принадлежало изучению физико-химических параметров процессов генерации и дифференциации магм из глубинных мантийных источников, геохимии плутонических и вулканических формаций, с которыми обычно бывает связана рудоносность приповерхностных горизонтов коры. Так, на основе расчетов устойчивости углеродсодержащих фаз и данных по включениям в алмазах показана важная роль расплавов, образующихся при подъеме мантийных плюмов, в нижнемантийном алмазообразовании. Выяснено, что температура мантийных плюмов, генерирующих кимберлитовые расплавы, должна превышать среднюю мантийную адиабату приблизительно на 700°C и это достижимо при их генерации и подъеме из переходного термального слоя D'' на границе мантии с ядром. В то же время присутствие летучих

компонентов может понизить солидус на 200–400°C, что приведет температуру плюма к уровню первичных расплавов крупных изверженных провинций, близкому солидусу мантийных лерцолитов, около которого формируются карбонатно-фосфатные расплавы, встречающиеся в виде включений в алмазах (ИГЕМ РАН). Также важны результаты исследований в рамках мантийно-карбонатитовой теории происхождения алмазов и ассоциированных минералов верхней и нижней мантии. Экспериментально воспроизведены поля и диапазоны устойчивости бриджманита, стишовита и Mg-вюститита в алмазообразующих в оксид-силикат-карбонатных системах нижней мантии и в этих условиях произведен синтез сверхглубинного алмаза. (ИЭМ РАН)

Особого внимания заслуживают первые свидетельства метастабильной кристаллизации графита в поле стабильности алмаза в мантийных породах. В ксенолитах эклогита из кимберлитовой трубки Удачная-Восточная (Якутия) впервые диагностированы сингенетические включения графита как в алмазе, так и в пороодообразующих минералах – гранате, кианите, клинопироксене. Установлено, что кристаллизация алмаза происходила задолго до выноса эклогита кимберлитовым расплавом, а графит может длительное время (миллионы лет) сохраняться в поле стабильности алмаза, не трансформируясь в алмаз. (ИГМ СО РАН)

Несомненный интерес в области генезиса алмазов представляют сведения о новом его генетическом типе. Впервые обнаружена новая разновидность алмазов, представленных параморфозами по органическим остаткам в импактитах Карской астроблемы (Пай-Хой). Выделены три типа зювитов и установлена их высокая апоугольная алмазоносность. Предложен двухстадийный механизм формирования апоугольных импактных алмазов – пиролиз с последующей локально диффузной кристаллизацией (реконструктивное диффузионное превращение). Полученные результаты имеют важное значение для оценки алмазоносности импактитов Карской астроблемы и потенциала других крупных астроблем, включая Попигайскую. (ИГ Коми НЦ УрО РАН)

С мантийными источниками связываются и проявления редкометального магматизма на юге Сибирской платформы и в ее складчатом обрамлении, где обоснованы механизмы эволюции и взаимодействия мантийных и коровых магм при формировании пород зональных магматических ареалов Центрально-Азиатского складчатого пояса, возникших при участии мантийных плюмов. Было установлено, что магмообразование в этих ареалах контролировалось процессами дифференциации базитовых (мантийных) расплавов, анатексиса коры, контаминации базитовых магм анатектическими расплавами и взаимодействием производных мантийных магм с анатектическими расплавами. (ИГЕМ РАН)

Весьма важным результатом в изучении процессов мантийного петрогенезиса можно считать открытие и подтверждение аномальных содержаний воды в магматических расплавах. Для коматиитов пояса Абитибиды (Канада) установлены непривычно высокие (до 0,7 вес. %) содержания воды, которые нельзя объяснить надсубдукционным происхождением расплавов. Показано, что ис-

следованные коматииты вероятно образовались в глубинной мантийной струе с потенциальной температурой $1725 \pm 50^\circ\text{C}$. Обосновано предположение о том, что H_2O в мантийном источнике коматиитов была захвачена из промежуточной мантийной зоны (660–410 км) и, таким образом, получены – первые доказательства о наличии гидратированного глубинного слоя на Земле Архейского возраста. (ГЕОХИ РАН)

Вопросы состава и стабильности некоторых минеральных фаз в условиях глубин нижней мантии изучались экспериментально с использованием алмазных наковален с лазерным нагревом. Было доказано существование железосодержащего бриджманита и обоснована его стабильность во всем диапазоне глубин нижней мантии Земли. Построена фазовая P–T-диаграмма, иллюстрирующая области стабильности скиагитового граната, оксидов (стишовита и Fe_4O_3) и железистого бриджманита в мантии Земли. Эти результаты могут быть использованы для интерпретации латеральных сейсмических неоднородностей в нижней мантии Земли и целого ряда геохимических и геофизических наблюдений. (ГЕОХИ РАН, совместно с кафедрой петрологии геологического факультета МГУ и Баварским Геоинститутом, ФРГ)

По направлению **«Периодизация истории Земли, определение длительности и корреляция геологических событий на основе развития методов геохронологии, стратиграфии и палеонтологии»** были продолжены систематические и принципиально необходимые работы по уточнению общих и региональных стратиграфических шкал, по выявлению и обоснованию реперных уровней в разрезах различных геологических периодов, эпох, возрастных стадий. Особое значение имеют результаты изучения древнейших геологических процессов архея и протерозоя, где периодизация проявления эндогенных процессов и тектонических событий оценивается изотопным геохронологическим датированием магматических, метаморфических и рудоносных образований. Эти исследования играют важнейшую и уникальную роль – они привносят координату времени во все изучаемые явления, обеспечивают возможность выстраивания последовательности событий и измерения скорости геологических процессов.

В частности, впервые за последние 40 лет создана всеобъемлющая сводка по стратиграфии, палеонтологии и палеогеографии кембрийских отложений Сибирской платформы, включающая сведения не только по естественным выходам пород этого возраста, но и данные по сотням параметрических, нефтегазопроисловых и колонковых скважин. Эта сводка является принципиально важной основой для геолого-съёмочных и поисковых работ на территории Восточной Сибири, а ее стратиграфическая составляющая и палеогеографические реконструкции значимы для планирования и проведения нефтеразведочных работ (ИНГГ СО РАН). Уральскими геологами проведена U–Pb-цирконовая стратификация терригенных отложений верхнедокембрийского фундамента п-ова Канин и Северного Тимана. Полученные материалы дают основание полагать, что «седиментационным» возрастом стратиграфических тел является поздний рифей. Формирование кластических осадков происходило в условиях

пассивной континентальной окраины и контролировалось преимущественно привнесом петрогенного материала из размываемых породных комплексов Фенноскандинавского щита. Для этого же региона впервые обобщены результаты литологического, палеонтологического и палеоэкологического изучения отложений нижнего силура. Обнаруженные уникальные прижизненные захоронения донных сообществ и остатков минерализованной биоты в строматолитах, замещенных пиритом, указывают на проявление аноксидных условий, преобладавших сразу после гибели организмов. Полученные результаты расширяют возможность реконструкции эволюции древних экосистем в раннем силуре. (ИГ Коми НЦ УрО РАН)

На примере донных отложений Охотского моря путем выделения маркирующих прослоев вулканической тефры предложен новый, «тефрохронологический», подход к разработке шкалы четвертичных отложений, необходимой при стратиграфической корреляции, оценки природных изменений, а также при палеоокеанологических и палеогеографических реконструкциях. Впервые для данного региона дана оценка возможности применения минерального состава тефры для целей идентификации, а также реконструкции физико-химических параметров кристаллизации расплавов при эксплозивных извержениях вулканов. (ТОИ ДВО РАН)

Использование возможностей изотопного геохронологического датирования позволило расширить базу данных по временным интервалам проявления магматизма в докембрийской коре, в том числе связанного с рудогенезом. Так, на основе U–Pb и Sm–Nd изотопно-геохимических исследований стратиформных (рифовых) Pt–Pd месторождений Мончегорского рудного узла выявлены закономерности их более раннего формирования в интервале 2506–2504 млн лет по сравнению с базальными (краевыми) платино-палладиевыми месторождениями и рудопроявлениями с возрастом 2478–2463 млн лет (ГИ КНЦ РАН). U–Pb датирование цирконов из эклогитов Беломорского пояса позволило обосновать палеопротерозойский возраст протолита. Находка эклогитов с ятулийским возрастом магматического протолита и общий анализ накопленных геохронологических данных подтверждает обоснованность выделения в Беломорском подвижном поясе протяженного ареала эклогитового метаморфизма с возрастом около 1900 млн лет (ИГГД РАН). Изучение U–Pb и Lu–Hf изотопных систем цирконов из коровых ксенолитов кимберлитовых трубок Якутской алмазоносной провинции позволило определить возраст и этапы эволюции земной коры в этой части Сибирского кратона. Полученные данные свидетельствуют о том, что нижняя и средняя кора образовалась в архейское время (3,6–3,24 млрд лет). Палеоархейская кора была значительно переработана в ходе тектонотермальных этапов, включающих неоархейскую модификацию (2,9–2,5 млрд лет) и ряд стадий метаморфизма в палеопротерозое (1,98, 1,9, 1,8 млрд лет). (ИГМ СО РАН)

Направление «Динамика и механизмы изменения ландшафтов, климата и биосферы в кайнозое, история четвертичного периода». В связи с особой

актуальностью проблемы глобального изменения природной среды и климата в междисциплинарных исследованиях по этому направлению специальное внимание уделяется изучению динамики и механизмов изменения ландшафтов, климата и биосферы в более отдаленные от современности эпохи кайнозоя и четвертичного периода. Это дает возможность не только путем аналогий приблизиться к пониманию механизмов природных процессов, влияющих на климат, но и расширить временную линейку для выявления повторяемости и цикличности рассматриваемых явлений. Особую область активных мультидисциплинарных исследований в этом направлении представляет собой четвертичный период (квартер), требующий использования весьма точных методов радиоизотопного датирования, а также изучения целого ряда взаимосвязанных явлений, начиная от динамики изменения климата, океанических течений, ландшафтов до изменения ареалов обитания животных и растений, вымирания мегафауны, происхождения, расселения и эволюции гоминид в новейшей истории.

В рамках этого направления за отчетный период получен целый ряд новых результатов, привносящих дополнительные сведения в выше перечисленные аспекты комплексной проблемы.

Так, на основе разработанной ранее цифровой модели рельефа создана карта геоэкологического районирования территории Архангельской области по интенсивности протекания эрозионных и аккумулятивных процессов. В результате расчета геоморфометрических параметров рельефа (углы наклона, индекс расчлененности, профильная и плановая кривизна, индекс Треха) были выделены зоны с максимальным развитием экзогенных процессов, зоны с протеканием экзогенных процессов, зоны аккумуляции и транзита, которые влияют на современные ландшафтные характеристики. (ФИЦКИА РАН)

В Прикаспийской низменности изучены зонально-климатические и дельтово-аллювиальные механизмы формирования почв разновозрастных морских террас. Показано, что почвы морских террас здесь формируются на геологических породах разного возраста. Современное состояние и основные свойства позволяют выделить их как аналоги почв зонально-климатического ряда. Они функционируют в геологических отрезках времени со следующими параметрами: 1) для хазарско-хвалынского яруса – стабильностью вещественного состава и содержанием органического вещества, а также его закономерным распределением по профилю; 2) для новокаспийского яруса – уменьшением возраста, понижением рельефа, учащением процессов затопления, иссушения, засоления, характерных для дельтово-аллювиального почвообразования. Для этого же региона предложена модель влияния морских стонно-нагонных явлений на формирование ландшафтов. Для XX века инструментально установлены нагоны с подъемом уровня на 4,5 м и выявлено, что зона непосредственного влияния моря на низменности существенно больше зоны, занимаемой при его среднем уровне. Нагоны доставляют в северный Каспий большие объемы воды, сток которой обуславливает размыв дна вдоль западных и северо-западных частей отмелей. Замечено, что подобные процессы характерны для всего голоцена. (ИГ ДНЦ РАН)

На основании изучения разрезов рыхлых отложений и почв в Селенгинском среднегорье (Прибайкалье) восстановлена динамика осадконакопления в течение последних 15 тыс. лет, выделены основные временные интервалы развития осадконакопления и почвообразования. Всего выделяется девять периодов активизации экзогенных процессов и осадконакопления и восемь этапов почвообразования на территории Селенгинского среднегорья на протяжении позднего неоплейстоцена и голоцена. (ИГ СО РАН)

Впервые проведено детальное минералого-геохимическое изучение костных остатков усть-ишимского палеолетического человека (центральное Прииртышье). Усть-ишимский человек является представителем одной из древнейших предковых популяций *Homo sapiens*, проживавших одновременно с поздними неандертальцами и денисовскими людьми 45000 лет назад. Изученные кости на фоне районированных с ними костных остатков неоплейстоценовой мамонтовой фауны и костных остатков тоболо-иртышских тюрок выделяются парадоксально высокой сохранностью первичных биологических свойств. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что усть-ишимский человек был охотником, мигрировавшим за стадами животных по неоплейстоценовым луговым редколесьям и степям. (ИГ Коми НЦ УрО РАН)

Издана обобщающая монография «Геология четвертичных отложений Кольского полуострова» с описанием геологического строения четвертичного покрова северо-востока Балтийского щита. Предложены пространственно-временные модели развития природной среды региона в четвертичный период, основанные на обширном фактическом материале. (ГИ КНЦ РАН)

Направление **«Физические поля, внутреннее строение Земли и глубинные геодинамические процессы»** охватывает ряд ключевых проблем, связанных с происхождением и пространственно-временными особенностями геофизических полей (главного геомагнитного поля, электромагнитного, 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.

По этому направлению наибольшие достижения связаны с изучением главного геомагнитного поля Земли в современную эпоху и его эволюцией на протяжении геологической истории, преимущественно, начиная с ордовика. Здесь следует отметить развитие сети геомагнитных наблюдений и открытие ряда новых станций, обеспечивающих получение данных в формате международной сети «ИНТЕРМАГНЕТ», а также создание центра сбора и обработки геомагнитных данных в Геофизическом центре РАН на основе новых автоматизированных алгоритмов. На новый качественный уровень поставлены исследования эволюции главного геомагнитного поля, чему спо-

собствовало оснащение ведущих лабораторий современной аппаратурой на основе СКВИД-магнетометров (ИФЗ РАН, ИНГГ СО РАН, ИТиГ ДВО РАН). Получение фактического материала обеспечивалось проведением специальных экспедиционных работ в труднодоступных районах Восточной Сибири. Исследования механизма гидромагнитного динамо в земном ядре на основе численных моделей позволили сделать выводы о характере изменения геомагнитного поля на рубеже раннего протерозоя.

Большой объем данных по гравитационному полю Арктического региона был получен аэрогравиметрической экспедицией ИФЗ РАН. Следует отметить, что результаты обработки и интерпретации гравиметрических данных на акватории/шельфе Северного Ледовитого океана имеют значение как для решения оборонных задач, так и для определения структур, перспективных на углеводороды (в гравитационном поле хорошо отражаются структуры подводных рудсел). Поэтому весьма своевременной является постановка задачи разработки и создания отечественного космического аппарата типа СНАМР. (пока еще в ИФЗ РАН сохранились специалисты, которые могут это сделать)

В области сейсмологии основные достижения связаны с постановкой масштабных сетевых наблюдений на вулканах Камчатки, слежением за вулканической активностью, ее прогнозированием, а также дальнейшим развитием сейсмического сегмента службы предупреждения о цунами на Дальнем Востоке. Что же касается сейсмологии в целом, как науки о землетрясениях и глубинном строении Земли, то можно констатировать существенное отставание от западного уровня, вызванное затратным характером этих работ и длительным хроническим недофинансированием, а также прямой потерей ведущих специалистов.

В качестве положительного момента, имеющего практическое значение, следует назвать постановку комплексных лабораторных исследований пород баженовской свиты в реальных пластовых условиях при различных режимах нагружения и флюидного воздействия на самом современном комплексе аппаратуры высокого давления ИФЗ РАН. Эти работы только начаты, но первые результаты выглядят обнадеживающими с точки зрения основной проблемы извлечения углеводородных компонентов. К этой же области относятся и яркие результаты сибирских ученых (ИНГГ СО РАН), создавших уникальный скважинный зонд и комплекс программ, интерпретирующих данные каротажа с высочайшей разрешающей способностью.

В области интерпретации геофизических данных крупным достижением являются работы, выполненные в ИГМ СО РАН по оценке состава ядра Земли, позволившие значительно сузить имеющиеся границы неопределенности.

Также в рамках этого направления проведены исследования скоростной структуры и анизотропных свойств мантии центральной части Азии методом поверхностных волн. Для этого региона получен окончательный вариант трехмерной модели распределения скоростей поперечных волн до глубины порядка 500 км. Получены данные о толщине литосферы и астеносферы в пределах

рассматриваемого региона. Уточнено глубинное строение Байкальского рифта, мощность литосферы под которым составляет около 80 км, а астеносферы – 120 км. (ИЗК СО РАН)

Для территории Северной Фенноскандии с помощью сейсмической томографии впервые выявлены и картированы горизонтальные скоростные неоднородности по обе стороны от Ботниа-балтийской сдвиговой мегазоны в верхней части коры. Комплексный анализ сейсмотомографической модели Р волн и фокальных механизмов очагов землетрясений показал возможность реактивации в послеледниковый период этой древней, образованной в протерозое структуры. Этот результат ставит под сомнение предположение о связи сейсмичности на Балтийском щите только с гляциологическим выравниванием земной коры и дает основу для формирования принципиально новой концепции развития тектонических процессов древних щитов. (ИДГ РАН)

В направлении **«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»** новые крупные результаты относятся к двум важнейшим проблемам: 1) зарождение атмосферы и биосферы на нашей планете; 2) строение и развитие планет земной группы – Венеры и Марса.

В рамках первой проблемы разработана теория, объясняющая причины и этапность развития событий, предопределивших эволюцию биосферы и климата. Исходя из того, что солнечная радиация не обеспечивает на поверхности Земли температуру выше температуры замерзания воды, предполагается, что содержание положительных температур было связано с наличием в составе атмосферы парниковых газов, к числу которых относятся CO_2 , CH_4 и некоторые другие. В этой связи причины и время наступления оледенений (мощное Гуронское оледенение 2,4 – 2,2 млрд лет тому назад, череда обледенений, начиная с позднего протерозоя, следовавших с интервалом 80–100 млн лет, и новое изменение режима оледенений 300 млн лет назад) считаются одной из загадок истории биосферы и палеоклиматологии. В рамках разработанной теории показано, что жизнь зародилась в условиях преобладания первичного метана в атмосфере. В архее метан, уже биогенный по происхождению, продолжал исполнять роль основного парникового газа. Выход молекулярного кислорода в атмосферу 2,4 млрд лет назад привел к срыву установившегося механизма компенсации низкой светимости Солнца. Метан перестал играть эту роль, а двуокись углерода не достигла содержания, обеспечивающего эту роль. Наступило глобальное Гуронское оледенение, продолжавшееся около 200 миллионов лет. Однако нарастающее содержание CO_2 в атмосфере в конечном счете достигло уровня, достаточного для компенсации низкой светимости Солнца. Период оледенения завершился, но возник конфликт между ролью CO_2 как газа, определявшего тепловой режим планеты, и ролью CO_2 как исходного вещества в

созидании биоты. До тех пор, пока ресурс углерода биоты уступал ресурсу атмосферной CO_2 , процессы спорадического увеличения биопродукции не вели к такому оттоку атмосферной CO_2 , который бы основательно сказывался на тепловом режиме. Отсюда длительная стабильность климата в течение 1,5 млрд лет. К рубежу 0,8 млрд лет ресурс биоты в океане достиг величины, при которой колебания в потреблении атмосферной CO_2 , связанные с колебаниями в производстве органического и карбонатного углерода, стали сопоставимы с ресурсом CO_2 в атмосфере. С этого момента устанавливается колеблющееся равновесие между интенсивностью развития биоты и содержанием CO_2 в атмосфере, определяющем климат. Чередуются периоды оледенения и теплого климата. Триггером этих перемен выступают разные геологические события: интенсификация или ослабление вулканизма, рост, распад или миграция континентов, крупномасштабный магматизм и т.п. Новое соотношение между CO_2 атмосферы и углеродом биоты установилось приблизительно 300 млн лет назад в связи с распространением биоты на сушу и появлением на ней массивного буфера органического углерода. (ГЕОХИ РАН)

В этом же отношении представляются важными лабораторные эксперименты, благодаря которым впервые обнаружен эффект масс-независимого фракционирования изотопов кислорода в фотохимическом процессе образования пероксида водорода в бескислородной атмосфере. Этот результат может представлять фундаментальный интерес для понимания процессов, связанных с возникновением свободного молекулярного кислорода в атмосфере Земли на рубеже Архей – ранний Протерозой и роли пероксида водорода в эволюции газового состава атмосферы. (ДВГИ ДВО РАН)

В рамках проблемы строения и развития Венеры как планетного тела земной группы установлена крупномасштабная последовательность смены режимов эндогенной активности ее недр. Анализ составленной ранее глобальной геологической карты Венеры позволил выявить и охарактеризовать три главных режима. 1) Тектонический режим доминировал в начале видимой геологической истории Венеры. На его протяжении формировались сильно тектонизированные формы рельефа и была в основном сформирована картина длинноволновой топографии (региональные возвышенности и низменности). 2) На протяжении вулканического режима на поверхности планеты в глобальном масштабе формировались обширные лавовые равнины, которые располагались в региональных низменностях, сформированных на предыдущем этапе. Тектоническая активность в течение вулканического режима была незначительной. 3) Вулкано тектонический режим действовал на протяжении последних 2/3 видимой геологической истории Венеры. Эндогенная активность в этот период была значительно слабее, чем в течение предыдущих режимов, и сводилась к формированию протяженных зон растрескивания литосферы и к вулканизму, локализованному в крупных изолированных регионах. Эта особенность геологической истории Венеры была учтена при выборе мест посадки будущей экспедиции к Венере “Венера-Д”. Область темного гало вокруг кратера Ермолова

рекомендована как одна из главных целей этой экспедиции, имеющая высокую научную значимость и благоприятная для безопасной посадки. (ГЕОХИ РАН, совместно с университетом Брауна, США)

Еще один важный результат включает создание модельной структуры гравитационного поля Марса. Исследован фундаментальный вопрос марсианской геодезии о выборе референсной поверхности Марса, от которой отсчитываются высоты рельефа и эквипотенциальной поверхности гравитационного поля Марса. Сделан вывод, что эффективно гидростатически-равновесная модель Марса вполне подходит для этой цели. Расчеты показывают, что высоты ареоида характеризуют отклонение гравитационного поля Марса от нормального поля. Структура гравитационного поля Марса очень сильно отличается от структуры гравитационного поля Земли, наружные слои коры и мантии Марса сильно отклоняются от гидростатически равновесного состояния и достаточно неоднородны по латерали. Результаты указывают на то, что средняя мощность упругой литосферы планеты должна быть большей, чем толщина континентальной литосферы Земли. (ИФЗ РАН)

Исследования по направлению **«Рудообразующие процессы, их эволюция в истории Земли, металлогенические эпохи и провинции и их связь с развитием литосферы; условия образования и закономерности размещения полезных ископаемых»** имеют огромное значение для развития минерально-сырьевой базы страны. Успехи в развитии этого важнейшего в науках о Земле направления 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, благороднометалльного и редкометалльного оруденения.

Особо значимым результатом истекшего года по этому направлению можно считать разработку научных основ прогнозирования крупнотоннажных месторождений цветных и благородных металлов в металлогенических провинциях Востока России. Здесь выявлены признаки глубинных геодинамических процессов, обусловивших развитие рудогенерирующих систем золотокварцевого, серебро-полиметаллического, олово-порфирирового и свинцово-цинкового стратиформного типов месторождений и рудных полей (Павлик, Сардана, Аркачан, Мангазейское, Право-Урмийское). Анализ базы данных по 700 рудным месторождениям показывает, что доля крупных месторождений, высокая в ареалах в докембрийских комплексах и формациях пассивной окраины и в орогенных областях, определяет перспективность выявления крупных объектов на Востоке России. На примере серебро-полиметаллического месторождения Мангазейское показано, что формирование подобных крупнотоннажных месторождений мирового класса связано с активностью гидротермально-магма-

тической системы, образовавшейся в результате внедрения субвулканических штоков гранитоидов и вовлечения в зону рудоотложения флюидов разной солености и температур, отделившихся при кристаллизации кислой магмы, и образовавшихся в конвективной ячейке при нагревании метеорных и морских вод. Механизмом отложения руд является фазовая сепарация (вскипание) флюида и смешение флюидов. (ИГЕМ РАН)

Разработан новый геохимический критерий благороднометалльного оруденения крупных магматических провинций мира – Норильской, Маймеча-Котуйской и др. На основе термодинамического анализа ассоциации оливин-шпинель-клинопироксен предложен новый геобарометр. Показано, что повышенная активность кислорода этих магматических систем является главной причиной высокого потенциала благородных металлов. Падение фугитивности кислорода в результате взаимодействия первичных магм сибирских базальтов с породами осадочного чехла приводит к формированию сульфидного расплава, концентрирующего никель, медь, золото и платиноиды и к образованию месторождений Норильского типа. В породах Маймеча-Котуйской провинции подобное взаимодействие отсутствует и благородные металлы находятся главным образом в форме наноразмерных металлических выделений, что является главным фактором формирования россыпных месторождений. Установлено, что в большинстве случаев магмы, связанные с деятельностью глубинных мантийных плюмов, характеризуются более высоким относительным потенциалом кислорода по сравнению с магматизмом срединных океанических хребтов. Высокий кислородный потенциал оказывает принципиальное влияние на рудоносность расплавов. В столь окислительной обстановке сера присутствует в магме не в сульфидной, а в сульфатной форме, а сульфидный расплав, или кристаллические сульфиды будут неустойчивы. В этих условиях отделение несмешивающейся сульфидной магмы, которая концентрирует платиноиды и другие благородные металлы, невозможно и, следовательно, месторождения норильского типа не формируются, благородные металлы находятся главным образом в форме наноразмерных металлических выделений, что является главным фактором формирования крупных россыпных месторождений. В отличие от щелочно-ультрамафических плутонов Маймеча-Котуйской провинции первичные магмы сибирских плато-базальтов обогащаются серой и снижают кислородный потенциал вследствие взаимодействия с осадочным чехлом. В результате возникают огромные массы сульфидного расплава, концентрирующего никель, медь, золото и платиноиды благодаря очень высоким коэффициентам распределения благородных металлов в восстановленном сульфидном расплаве, что привело к образованию месторождений норильского типа. (ГЕОХИ РАН)

На основании анализа вещественных и изотопно-геохимических (Hf-Nd-Sr-S-Cu и U-Pb) особенностей пород и руд ультрамафит-мафитовых интрузивов Полярной Сибири установлены источники силикатного и рудного вещества, продолжительность и условия их образования и выявлены критерии перспективности обнаружения богатых платиноидно-медно-никелевых руд. (ИГГ УрО РАН)

На основе морфоструктурного районирования Саяно-Тувинского нагорья выполнен прогноз новых типов россыпных месторождений золота, в частности, сложных типов дочетвертичных россыпей, связанных с корами выветривания и отложениями долин древней гидрографической сети, показана высокая перспективность неопискованных опущенных блоков на выявление глубокозалегающих и многоярусных россыпей и возможность обнаружения в пределах поднятых блоков новых россыпных месторождений, приуроченных к разновозрастным террасовым уровням. (ТувИКОПР СО РАН)

Исследования по направлению **«Геология месторождений углеводородного сырья, фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа, научные основы формирования сырьевой базы традиционных и нетрадиционных источников углеводородного сырья»** успешно развиваются как по пути научного обоснования новых перспективных нефтегазоносных провинций и геолого-экономических оценок условий эксплуатации месторождений, так и в области разработки технологий, оптимизирующих добычу углеводородов.

Разработаны основы новой парадигмы развития сырьевой базы и добычи нефти в Российской Федерации. В качестве ее ключевых моментов предлагается: 1) последовательное расширение географии нефтяной промышленности за счет новых провинций на континентальной части территории России (движение с Запада на Восток и на Север); 2) приоритетные поиск, разведка и ввод в разработку уникальных и крупных месторождений; 3) приоритетный ввод в разработку запасов, отличающихся высокими качественными характеристиками (пористость и проницаемость коллекторов, вязкость, плотность, содержание серы в нефти). С учетом новой парадигмы развития нефтегазового комплекса Российской Федерации должны быть уточнены и откорректированы следующие документы: Энергетическая стратегия России; Генеральная схема развития нефтяной отрасли; Генеральная схема развития газовой отрасли; Генеральная схема развития нефтепереработки и нефтегазохимии; Генеральная схема развития трубопроводного (включая продуктопроводы) транспорта углеводородов и др. (ИНГГ СО РАН)

Впервые выполнен комплексный анализ перспектив нефтегазоносности глубоководных и шельфовых зон Циркумарктического мегабассейна с учетом новых геолого-геофизических и геохимических данных. Уточнены модели строения разновозрастного акустического фундамента, мощности осадочного чехла и построена схема (карта) катагенетической преобразованности нефтематеринских толщ для потенциально нефтегазоносных бассейнов (ПНГБ) арктических акваторий и прилегающей суши России, Норвегии, Дании, Канады и США. Доказаны высокие перспективы ПНГБ: шельфа Южно-Чукотского, Новосибирско-Северо-Чукотского, Северо-Карского, Анабаро-Лаптевского, Восточно-Гренландского и Линкольна; котловин Канадской, Подводников и Нансена, а также континентального склона. (ИПНГ РАН)

Построена литолого-электрофизическая модель отложений баженовской свиты по полученным новым данным о дисперсионных свойствах слабо про-

водящих карбонатно-глинисто-кремнистых битуминозных пород. Впервые установлены параметры обобщенной дисперсионной модели Cole-Cole и детально изучены частотные зависимости удельной электропроводности и диэлектрической проницаемости карбонатно-глинисто-кремнистых битуминозных пород баженовской свиты, а также выполнены оценки относительного содержания порообразующих компонент и выделены основные литологические типы баженитов, на основе использования программ и оригинальных алгоритмов быстрой обработки и инверсии высокоточных диаграмм электро-электромагнитных зондирований в скважинах и лабораторных измерений на керне.

На базе комплексной интерпретации материалов сейсморазведки, ГИС и глубокого бурения построены сейсмогеологические модели мезозойско-кайнозойских осадочных комплексов Надым-Пурского междуречья (сейсмогеологические разрезы и палеоразрезы, структурные карты, карты изпахит сейсмокомплексов, наборы тектонических палеотектонических карт и схем); рассмотрены морфологические особенности тектонического строения юрских и апт-альб-сеноманских отложений; выполнен анализ истории тектонического развития территории, восстановлена история формирования структур и выполнен анализ геологических процессов, предопределивших образование уникальных сеноманских газовых месторождений. Построены модели геологического строения Медвежьего, Юбилейного и Ямсовейского месторождений и сделан вывод о доминирующем влиянии кайнозойских тектонических и геологических процессов на формирование уникальных сеноманских газовых залежей на севере Западной Сибири. (ИНГГ СО РАН)

Впервые исследованы теплофизические свойства гидрата углекислого газа в области двухфазного равновесия гидрат – газ, реализуемого при пластовых условиях в части газогидратных месторождений. Исследования проведены классическим методом адиабатического калориметра. Установлено, что теплоемкость гидрата углекислого газа значительно (на четверть) превышает теплоемкости льда и гидрата метана, что связано с тепловым эффектом уменьшения газосодержания гидрата углекислого газа при нагревании. Полученные научные результаты могут быть использованы при разработке новых технологий добычи природного газа из газогидратных месторождений путем замены в них метана на углекислый газ, а также при инженерных теплофизических расчетах процессов образования и разложения гидрата углекислого газа в объеме и в пористой среде. (ИПНГ РАН)

Создан способ численного моделирования порового пространства в породах баженовской свиты по данным стохастических реконструкций, полученным из двухмерных изображений электронной микроскопии. Разработана уникальная методика совмещения изображений многофазных структур, полученных различными способами (макро- и микротомография, электронная микроскопия и др.). По трехмерным реконструкциям керогена впервые рассчитана газопроницаемость нанопористости этих горных пород. При

расчете газопроницаемости учитывались эффекты кнудсеновской диффузии и проскальзывания молекул газа при движении вдоль стенок пор, что позволило изучить зависимость недарсианской проницаемости от давления. Разработан набор методик описания и реконструкции анизотропных пористых сред с применением расчета корреляционных функций по направлениям без осреднения получаемой информации. С помощью полученных результатов были верифицированы методы определения фильтрационных характеристик пород-коллекторов нефти и газа, включая нетрадиционные. Разработанные методы могут применяться для комплексного анализа пористых сред, что позволит не только значительно повысить точность информации о структуре породы, но и снизить издержки дорогостоящих лабораторных исследований. (ИДГ РАН)

Разработана концепция накопления угленосных отложений и образования угольных месторождений, основанная на внутренних закономерностях седиментации терригенного материала, переносимого реками в море. Цикличность угленосных толщ объясняется вдольбереговой миграцией дельты реки, образованием новых ее лопастей, накладывающихся друг на друга. Принос терригенного материала в дельту приводит к погружению основания (подошвы) дельты и дна прилегающей акватории, куда неизбежно соскальзывают протоки дельты. При этом она частично осушается, на ней образуется почвенный слой и развивается торфяник. Его рост продолжается до тех пор, пока погружение дельты не приведет к осолонению омывающих ее вод, отмиранию и захоронению торфяника вдольбереговыми потоками терригенного материала. Процесс повторяется столько раз, сколько лопастей частично или полностью наслаивается в данном пересечении дельты. Концепция объясняет такие особенности угленосной толщи как ее цикличность, внутриформационные размывы, расщепления и выклинивания угольных пластов, происхождение мощных и сверхмощных угольных пластов, присутствие в толще псевдоаллювиальных отложений. (ИГ Коми НЦ УрО РАН)

Направление «Комплексное освоение и сохранение недр Земли, инновационные процессы разработки месторождений полезных ископаемых и глубокой переработки минерального сырья». Современное развитие горных наук в их фундаментальном и прикладном аспектах происходит на фоне явного повышения роли инновационных технологических методов извлечения из недр минеральных ресурсов и продуктов их переработки. При этом отмечается тенденция все усложняющегося комбинирования технических способов и средств извлечения с целью повышения эффективности и уровня безопасности пользования недрами. Это происходит на базе расширения и углубления интеллектуализации добывающих отраслей и с нацеленностью на сохранение способности природной среды к самовосстановлению. Разрабатываются и внедряются в горное производство геоинформационные технологии, используются автоматизированные системы проектирования, планирования и сопровождения горных работ на карьерах и рудниках. Применительно к открытым горным

работам на больших глубинах разрабатываются геомеханические обоснования и технологические решения для отработки месторождений в условиях крутых бортов карьера, что значительно сокращает капитальные и эксплуатационные затраты. Найдены новые технологические решения по комплексной переработке различных видов минерального и техногенного сырья с максимальным извлечением полезных компонентов. В области охраны окружающей среды разработаны технологические решения по восстановлению техногенно нарушенных объектов природной среды, основанные на управлении регенерационным потенциалом экосистем. Ведутся исследования и предлагаются решения по использованию подземного пространства для экологически безопасного обращения с ядерными материалами, по созданию технологий подземного строительства специальных объектов государственного назначения. Разрабатываются подходы, методы и автоматизированные системы геомониторинга катастрофических геомеханических явлений в горном массиве, предназначенные для осуществления контроля и прогноза опасности гео- и газодинамических явлений при проведении подготовительных и очистных горных выработок в шахтах. Такой комплексный и разносторонний подход к решению актуальных проблем горных наук достаточно наглядно иллюстрируют некоторые из полученных в отчетном году результатов.

Так, впервые создана классификация неизвлекаемых алмазов, обоснованы причины их низкого извлечения в концентраты и предложены энергетические методы интенсификации процессов пенной сепарации, обеспечивающие снижение потерь алмазов. (ИПКОН РАН)

Создана база проектирования и методика выбора параметров горнотехнических систем, обеспечивающих экологически безопасное устойчивое развитие горнопромышленных регионов за счет внутрирудничной утилизации минерально-сырьевых потоков без выдачи отходов на поверхность (сокращение выдачи горной массы на поверхность в 1,6–3,8 раза, в том числе, снижение выдачи пород от проходки подготовительно-нарезных выработок до 100%, рудной массы до 50%; снижение площадей под размещение отвалов пустых пород и хвостохранилищ до 1,6 раза), которые включают:

- комбинирование подземной физико-технической геотехнологии с радиометрической сепарацией рудной массы и закладкой выработанного пространства и физико-химической геотехнологии с выщелачиванием руд на месте залегания и/или рудной массы в выработанном пространстве;

- выбор режима и параметров экологически безопасных технологий утилизации отходов добычи и переработки руд в полном цикле комплексного освоения месторождений во взаимосвязи с конструктивными и технологическими параметрами горнотехнических систем;

- включение в структуру полного цикла комплексного освоения месторождений инновационных технологий передела минерального сырья и энергоэффективных технологий, как управляемого фактора снижения негативного влияния горных работ на окружающую среду. (ИПКОН РАН)

С целью комплексного решения задач освоения месторождений твердых полезных ископаемых Арктической зоны на основе моделирования объектов, процессов горно-обогатительного производства и геоэкологических технологий в соответствии с экологической стратегией, определяющей повышение эффективности освоения при снижении нагрузки на природную среду, обосновано строительство атомных станций малой мощности для энергообеспечения Арктики. В ГГИС «MINEFRAME» разработаны интерактивная карта месторождений северо-запада Арктической зоны с подсчетом запасов и распределением содержания полезных компонентов, модуль автоматизированного планирования схем вскрытия месторождений, способы выделения перовскитового и титаномагнетитового концентратов из перовскитовой руды, методология оценки аэрозольного воздействия предприятий на природную среду по данным спутниковых наблюдений, концепция улучшения экологического состояния арктических регионов восстановлением техногенно нарушенных объектов с учетом регенерационных возможностей природной среды.

На базе методов численного моделирования в объемной постановке обоснован и апробирован методический подход, позволяющий оценить параметры областей оттаивания (объем и скорость объема оттаивания), возникающих в криолитозоне при размещении в ней источников тепловыделений (подземная атомная станция малой мощности, объекты подземного хранения/захоронения опасных тепловыделяющих отходов и другие). В основе оценки лежит интегрирование теплофизических параметров (плотность, теплоемкость, теплопроводность) по объему криолитозоны с учетом различий в их значениях для воды и льда. Получены аналитические зависимости для указанных параметров оттаивания при вариации геометрических размеров источников и продолжительности теплового воздействия. (ГоИ КНЦ РАН)

Разработаны математические модели и методы расчета зон поражения при взрывах газа в шахте, противопожарного водоснабжения и аварийного протравливания горных выработок, учитывающие временной характер развития аварии. На их основе разработаны уникальные, не имеющие аналогов за рубежом, программные комплексы «Вентиляция», «Водоснабжение», «Ударная волна», а также комплексы для моделирования аварийных ситуаций в угольных шахтах. Комплексы постоянно совершенствуются для угольных шахт РФ, отрядов ВГСЧ МЧС России, проектных организаций и, что самое важное, для правительственных комиссий, расследующих причины возникновения аварий. (ИУ ФИЦ УУХ СО РАН)

Предложен механизм работы флотационного реагента, который устанавливает связь молекулярной структуры флотационного реагента с его собирательной способностью. Механизм работы основан на зависимости собирательной способности флотационного реагента от поверхностного давления на границе раздела «газ-жидкость». Предложенный механизм позволяет целенаправленно выбирать реагент, определять требуемые его свойства для селективного выделения ценного компонента. Такой подход является базой создания новых эф-

фективных технологий обогащения бедного сырья. Работоспособность предложенного механизма подтверждена на примере традиционных флотационных реагентов. Направленный выбор каприновой кислоты из ряда карбоновых кислот повысил извлечение ценного компонента с 38,7 до 85,3%. (ИГД СО РАН)

Направление **«Мировой океан (физические, химические и биологические процессы, геология, геодинамика и минеральные ресурсы океанской литосферы и континентальных окраин; роль океана в формировании климата Земли, современные климатические и антропогенные изменения океанских природных систем)»**. В 2016 году продолжались как фундаментальные, так и прикладные исследования окраинных морей Российской Федерации и Мирового океана. Основными являются задачи, связанные с освоением природных ресурсов, строительством морских сооружений, уменьшением антропогенных воздействий на океан и загрязнений, а также прогнозированием природных катастроф. Продолжались исследования, направленные на доработку заявки Российской Федерации в Комиссию ООН на установление внешней границы континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане. Продолжены исследования дальневосточных морей, в частности, разработана Лагранжева методика идентификации циклонических вихрей в поле скоростей океанических течений, с помощью которой исследованы долгоживущие мезомасштабные вихри в океане в районе Курильских островов. Эти вихри оказывают существенное влияние на океанографическую обстановку и рыбный промысел. В результате комплексных экспедиционных исследований экологии в Карском море получены новые данные о состоянии и радиационном загрязнении водной среды. Впервые получены видеоизображения потенциально опасных объектов, затопленных в Новоземельской впадине, тем не менее радиационная обстановка в исследованных акваториях оценена как удовлетворительная. Также впервые получен большой объем данных о донных организмах Карского моря.

Состояние биоокеанологии сохраняется на достаточно высоком уровне, в первую очередь в области исследований биоразнообразия океана, биогеографии, комплексного исследования морских экосистем для оценки их современной изменчивости под воздействием климатических и антропогенных факторов.

Наиболее актуальные проблемы биоокеанологии сегодня связаны с пониманием уровня и механизмов изменчивости экосистем Арктики, их продуктивности и биологического разнообразия под воздействием современных климатических трендов и прогрессирующей антропогенной нагрузки, оценкой накопленных экологических рисков и прогнозом их воздействия на высокоширотные природные комплексы.

– Установлено, что меняющиеся в Арктике климатические условия и снижающаяся ледовитость не оказывают существенного влияния на экосистемы эпиконтинентальных Сибирских морей (Карского моря и моря Лаптевых), прежде всего их биологическую продуктивность. Впервые показано, что формирование нового органического вещества (первичной продукции фитоплан-

ктон) ограничено недостатком минерального питания в весенний и летний продукционные сезоны. Поступление необходимых для биологической продукции биогенных элементов с речным стоком блокируется биогеохимическими процессами, ассоциированными с фронтальными зонами, формирующимися в эстуарных и дельтовых районах крупных Арктических рек. Поступая в Арктические моря, огромный по объему речной сток формирует плотностное расслоение водной толщи, блокирует процессы вертикальной конвекции, связанное с ней поступление минерального питания из глубинных слоев моря в слой фотосинтеза. Результатом этих процессов является практически повсеместный недостаток минерального питания и крайне низкая первичная продукция. Эти лимитирующие биологическую продуктивность условия на Сибирском Арктическом шельфе будут сохраняться и при дальнейшем развитии регионального потепления. Впервые установлено, что высокая биологическая продуктивность в Сибирской Арктике связана лишь с очень ограниченными по площади фронтальными зонами, где она может достигать уровня, характерного для самых продуктивных морских районов Северного полушария. Эти фронтальные области ассоциированы с районами эстуариев крупных рек и континентальным склоном. Они имеют ключевое значение для функционирования региональных экосистем и требуют специальной охраны при развитии техногенной активности на акваториях.

– Показано, что потепление регионального климата в Арктике, изменение термического и ледового режима морских битопов открывает дорогу видам-вселенцам, не только активно проникающим в Сибирское Карское море, но и начавшим формировать собственные репродуктивные популяции в этом районе. Хищные виды-вселенцы в донные биоценозы могут существенно воздействовать на местную фауну, повлиять на биологическую продуктивность и естественное биоразнообразие.

– Исследование в местах концентрации крупнейших накопленных экологических рисков в Арктике – могильников радиоактивных отходов в заливах восточного берега Новой Земли (Карское море) показало хорошую сохранность объектов, несмотря на долгий срок нахождения в активной морской среде, и наличие лишь точечных крайне слабых утечек радиоактивности. Впервые проведенные комплексные исследования среды и основных биологических компонентов морских экосистем в местах радиоактивных могильников установили «открытость» этих локальных экосистем, что говорит о возможности широкого распространения радиоактивности в случае ее поступления в среду при естественной или антропогенной расконсервации могильников.

Направление «Поверхностные и подземные воды суши – ресурсы и качество, процессы формирования, динамика и механизмы природных и антропогенных изменений; стратегия водообеспечения и водопользования страны». В 2016 году научные исследования были направлены, в первую очередь, на решение проблемы обеспечения водной безопасности как неотъемлемой части национальной безопасности России. В современных условиях выделяются три

источника угроз национальной безопасности, связанных с опасными гидрологическими явлениями и проблемами водноресурсного обеспечения:

- катастрофические наводнения, наносящие огромный материальный ущерб и нередко сопровождаемые человеческими жертвами;
- наличие в отдельных регионах Российской Федерации дефицита водных ресурсов и высокое загрязнение природных вод;
- несоответствие качества питьевой воды, потребляемой значительной частью населения страны, санитарным нормам, а также ограниченный уровень доступа населения к централизованным системам водоснабжения.

Все источники угроз усиливаются с течением времени, что свидетельствует о недостаточности мер по предупреждению исходящих от них опасностей. Решение указанных проблем является одним из приоритетных направлений обеспечения экологической безопасности России и требует серьезного научного обоснования.

Выполненные фундаментальные исследования могут служить хорошей основой для решения приоритетных научных задач обеспечения водной безопасности. В числе наиболее важных результатов можно отметить следующие:

- развиты исследования по применению компьютерной гидроинформационной технологии поддержки управления риском наводнений для оценки противопаводковой функции действующих, строящихся и планируемых водохранилищ;
- созданы уникальные электронные базы данных по наводнениям (более 3300) и засухам (более 2400) в России и мире, позволяющие изучать географические особенности экстремальных гидрологических ситуаций в глобальном масштабе, анализировать их количественные параметры и социально-экономические последствия;
- усовершенствованы методы и технологии построения физико-математических моделей формирования стока и качества воды в речных бассейнах различных пространственных масштабов;
- разработаны новые методы оценки водных ресурсов и режима вод суши, прогноза водообеспеченности регионов России при вероятных сценариях изменений климата в условиях неопределенности климатических характеристик и антропогенного воздействия;
- обоснованы комплексные методы для изучения процессов формирования и восстановления качества вод, состояния водных экосистем в условиях антропогенных нагрузок на водные объекты России;
- усовершенствован программный комплекс для моделирования процессов распространения нефтяного загрязнения в водных объектах, позволяющий до возникновения возможной аварийной ситуации оценить вероятные масштабы неблагоприятных экологических последствий, минимизировать загрязнение окружающей среды, повысить экологическую безопасность на водных объектах;
- оценена роль водных ресурсов с позиции продовольственной безопасности России; показано, что в условиях реальной угрозы глобального водного кризиса производство и экспорт зерна может стать одним из доминирующих

направлений отечественной экономики и обеспечения продовольственной безопасности нашей страны;

- обоснована методология эколого-социально-экономического обоснования мероприятий по развитию водопользования, включающая систему мер, направленных на восстановление качества воды в водных объектах, испытывающих сверхнормативное антропогенное воздействие;

- рассмотрены особенности нарастающего глобального водного кризиса и обусловленные им конфликтные ситуации трансграничного водопользования; развита методология разрешения межгосударственных конфликтов; предложены механизмы и математические модели согласования интересов пользователей в условиях неопределенности при несовершенной конкуренции между водопользователями.

Для эффективного решения проблем обеспечения водной безопасности представляется целесообразным сконцентрировать усилия научных коллективов на развитие фундаментальных исследований по следующим приоритетным направлениям:

- разработка программы реализации конкурентных преимуществ водоресурсного потенциала Российской Федерации, определение направлений участия страны в формировании региональных водных рынков и мирового рынка водоемкой продукции;

- совершенствование методологических и технологических основ экологически безопасного водопользования, включая разработку методологии экологического нормирования состояния водных объектов и антропогенных воздействий на них;

- обеспечение надежного, безопасного и устойчивого питьевого водоснабжения;

- модернизация научно-методической базы и существующих технологий оценки риска и прогнозирования чрезвычайных экологических ситуаций природного и техногенного характера в условиях изменений климата, усиления антропогенной нагрузки на водные объекты и неизбежного существенного повышения их экономической значимости;

- развитие современных методов гидрологического прогнозирования, основанных на математических моделях формирования стока, использовании новых дистанционных методов получения исходной информации и качественно новых современных средств мониторинга паводковой ситуации (автоматизированных комплексов, радиолокационных средств измерения и др.);

- совершенствование методов оценки и прогнозирования состояния экосистем, восстановления водных объектов в регионах с неблагоприятной экологической обстановкой;

- развитие научно-методических основ системы государственного экологического мониторинга водных объектов и их водосборов, создание нового поколения методов гидрологического, гидрохимического, гидробиологического мониторинга, внедрение автоматизированных многопараметрических измерительно-информационных комплексов, современных информационных тех-

нологий обработки и анализа данных с постов наблюдательной сети, а также методов дистанционного мониторинга;

– развитие методологии обоснования системы интегрированного управления водными ресурсами и водохозяйственным комплексом России в условиях современных вызовов; создание эффективных механизмов управления трансграничными водными ресурсами для обеспечения безопасности населения и объектов экономики, предупреждения и ликвидации загрязнения природных вод.

Проводимые в этих направлениях исследования (ИВП РАН, другие профильные институты РАН, географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова) соответствуют мировому уровню, причем во многих случаях не имеют аналогов в силу специфичности гидрологических, климатических, экономических и экологических условий в Российской Федерации. Выполнение указанных исследований будет способствовать реализации Указа Президента РФ о проведении в 2017 г. в Российской Федерации Года экологии.

Направление «Физические и химические процессы в атмосфере, включая ионосферу и магнитосферу Земли, криосфере и на поверхности Земли, механизмы формирования и современные изменения климата, ландшафтов, оледенения и многолетнемерзлых грунтов». Исследования 2016 года были направлены на дальнейшее развитие численного моделирования атмосферных и климатических процессов, совершенствование методов мониторинга состава атмосферы и изменений ее состояния, а также анализ климатической системы Земли. Причины быстрых изменений климата с учащением экстремальных явлений в глобальном масштабе связываются с изменением состава атмосферы и увеличением ее парниковых свойств. Региональные и особенно проблемы арктического региона чрезвычайно важны для России, имеющей большую территорию. Для нашей страны характерны высокие скорости климатических изменений и экстремальные аномалии. Ярким примером важности фактора изменений климата является потепление середины XX века в 1930-х и 1940-х гг. в Арктике, сравнимое с современными изменениями. В 1930-е гг. потепление и значительное сокращение площади морских льдов привели к увеличению навигационного периода и способствовали устойчивому функционированию Севморпути – основы для резкого развития прибрежных арктических регионов в то время. При этом интенсивное освоение Арктики сопровождалось развитием фундаментальных научных исследований. Фундаментальные исследования необходимы при планировании развития российских регионов на перспективу от нескольких лет до нескольких десятилетий, что связано с необходимостью адекватного понимания механизмов формирования изменений климата регионов и их связи с глобальными климатическими процессами. Проявления экстремальных климатических явлений должны тщательно регистрироваться и анализироваться спутниковыми и наземными системами наблюдений в сочетании с глобальными и региональными модельными расчетами. К числу важных достижений следует отнести:

– продолжены исследования, направленные на разработку методики за-
благовременной (от месяца до полугода) оценки риска возникновения экс-

тремальных гидрометеорологических (погодных и климатических) аномалий в весенне-летние месяцы в российских регионах с использованием данных о динамике явления Эль-Ниньо;

– разработана и верифицирована система оперативного прогноза опасных быстроразвивающихся метеорологических явлений, использующая дополнительную информацию об электродинамических параметрах атмосферы и грозных разрядах;

– отработана методика непрерывного долговременного мониторинга современного состава атмосферы в районе активной добычи руд в условиях Крайнего Севера и оценки вклада литосферной составляющей в баланс загрязняющих атмосферных компонентов, что позволяет перейти к непрерывному мониторингу в режиме реального времени.

Исследования криосферы Земли и особенно области вечной мерзлоты на территории России остаются одними из самых актуальных в связи с большим значением ее состояния для экономики страны, а также из-за наличия противоречивых оценок и, соответственно, рисков. Продолжались мониторинговые геокриологические наблюдения на участках без техногенных нарушений для пополнения общедоступной базы данных о состоянии мерзлоты на разных горизонтах и в разных широтных зонах. На обширной области распространения Российской криолитозоны в настоящее время поддерживается работа на 298 площадках, на которых размещены скважины или температурные наблюдения в шурфах, а также на 61 площадке CALM, расположенных в разных ландшафтных условиях. Получены новые результаты:

– для Арктической Зоны РФ и криолитозоны Евразии в целом составлен актуализированный комплект обзорных геокриологических мелкомасштабных карт (1:25 000 000 ... 1:16 000 000), отражающий мерзлотные условия на начало XXI века;

– для Европейского севера установлены важнейшие закономерности трансформации криогенных ландшафтов (в т.ч. с подземными льдами) в условиях потепления климата;

– выявлены этапы и условия формирования и эволюции криолитозоны шельфа западного сектора Российской Арктики;

– обобщены результаты 5-летних наблюдений за динамикой развития термоцирка с пластовыми и полигонально-жильными льдами на Ямале;

– под влиянием направленного изменения климата криогенные ландшафты северной тайги и южной лесотундры находятся в начальной стадии деградации;

– разработан, опробован и верифицирован современный комплекс сейсмических и георадиолокационных методов, предназначенный для достоверной пространственной локализации массивов многолетнемерзлых пород на суше и в переходной зоне берег–море;

– разработаны методы расчета и очерчена область применения одиночных термостабилизаторов с вертикальной испарительной частью процессов природной и техногенной деградации мерзлоты;

– оценено влияние современных климатических изменений на прочность мерзлых пород и устойчивость реликтовых газовых гидратов на полуострове Ямал. Высказано предположение, что образование воронок на Ямале может быть объяснено дестабилизацией реликтовых газовых гидратов при повышении температуры поверхности в последние годы.

Следует подчеркнуть, что для России развитие и совершенствование атмосферных и климатических моделей с взаимодействием атмосферы, гидросферы (океана), деятельного слоя суши, биосферы и криосферы является важной задачей. В настоящее время это уже вопрос национальной безопасности. Специализированные модели должны использоваться для описания глобальных и региональных изменений состава атмосферы и качества воздуха.

Нашей стране необходимо развитие системы базовых станций с современными комплексами измерений ключевых атмосферных составляющих в рамках мировой сети наблюдений. Наряду с системой Росгидромета необходимо развитие современных атмосферных стационаров/обсерваторий в системе академических институтов, в том числе Звенигородского и Кисловодского высокогорного стационаров Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН в Европейской части России, ряда институтов в азиатской части страны, в частности в Томске, Иркутске и Красноярске. Необходима государственная поддержка соответствующих станций в Арктике, станции в Зотино в центре Сибири. В сочетании с планируемыми к запуску спутниковыми системами сеть наземных станций должна осуществлять современный мониторинг состава атмосферы, состояния земной поверхности и способствовать тестированию спутниковых данных.

Направление «Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий». Уменьшение рисков и снижение уровня негативных последствий природных и техногенных катастроф являются одним из приоритетов государственной политики в области экологической безопасности и рационального природопользования. Приоритетность определяется тем, что в глобальной проблеме безопасности катастрофические природные явления рассматриваются в числе важнейших дестабилизирующих факторов, препятствующих устойчивому развитию человечества и мировой экономики. В основе реализации недавно принятой Стратегии 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, ГОКи и др.), поставленные задачи могут быть решены лишь путем развития исследований в различных по своему про-

филию академических институтов 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.

В отчетный год усилия в значительной степени сосредотачивались на анализе экстремальных процессов в геосферах Земли и поиске адаптационных путей снижения негативных воздействий опасных явлений как природного, так и техногенного характера. Особое внимание уделялось потенциальным опасностям в окрестностях стратегически значимых промышленных и энергетических комплексов, магистральных нефте-газопроводов с целью оценки условий возникновения внезапных сейсмогенерирующих разрывов. Здесь было обращено особое внимание на наличие связей между сильными сейсмическими событиями, в том числе, их группирование во времени и пространстве. Эти свойства могут использоваться для оценки вероятности возникновения землетрясения с магнитудой больше 6 в конкретном районе после предыдущих событий такой же магнитуды в других районах земного шара. (ИФЗ РАН)

Учитывая большую опасность цунамигенных землетрясений, были поставлены и решались задачи создания эффективных методик их распознавания и своевременной фиксации. В результате разработаны качественно новые магнитудные шкалы $M_s(40)$ и $M_s(80)$, использующие нестандартные периоды поверхностных волн – 40 и 80 с. Для этих магнитуд построены экспериментальные калибровочные функции с использованием более 1250 трехкомпонентных записей землетрясений на 12 сейсмостанциях Дальневосточного региона. В отличие от обычной магнитуды M_s20 , новые магнитуды позволяют давать уверенную быструю оценку цунамиопасности даже в тех систематически возникающих случаях, когда такая оценка по магнитуде M_s20 дает неточные, существенно заниженные оценки амплитуды волны цунами. Новая методика позволит существенно повысить надежность оперативного прогноза цунами от сильного землетрясения. (ИВиС ДВО РАН)

Оправданное серьезное внимание уделялось проблеме техногенных или наведенных землетрясений. В результате проведения специальных сейсмологических наблюдений детально изучена динамика и структура сейсмических процессов в очаговой зоне сильнейшего в мире техногенного землетрясения, которое зарегистрировано в районе Бачатского угольного разреза (Кемеровская область) 18 июня 2013 года. Землетрясение, имевшее магнитуду 6,1, произошло в пределах крупнейшего в Сибири угольного разреза, имеющего протяженность 12 км, ширину 2 км и глубину 350 м. Непрерывные мониторинговые наблюдения позволили выявить основные фазы в развитии интенсивного афтершокового процесса, оценить механизмы наиболее сильных событий, а также установить особенности глубинного распределения гипоцентров техногенных землетрясений. (ФИЦ ЕГС РАН)

С целью специального и продолжительного изучения воздействия природных сейсмических процессов на системы газопроводов создана пилотная сеть

сейсмического мониторинга на Сахалине на основе широкополосного мобильного сейсмометра. Она введена в опытную эксплуатацию в районе магистрального газопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток». Система состоит из 12 пунктов регистрации на территории северного Сахалина и центра обработки данных в Хабаровске, соединенных оптоволоконной сетью. Система способна в автоматическом режиме выделять сейсмические события на изучаемой территории, определять положение их гипоцентров и энергетические характеристики, давать оценку воздействия на участки газопровода. (ИФЗ РАН)

Для оценки анализа влияния критичных техногенных нагрузок на среду мегаполисов в Москве создан Центр комплексных наблюдений, в котором с использованием уникальных методик выполняются инструментальные наблюдения за геофизической обстановкой в столице. Центр создан с целью определения негативных воздействий на среду обитания и инфраструктуру города природных и техногенных факторов. В результате анализа полученных данных определено влияние мегаполиса на геофизические поля, выявлены основные источники наиболее сильных техногенных возмущений. Полученные данные характеризуют условия среды обитания человека в мегаполисе и служат основой для оценки рисков для прецизионных технологических процессов. (ИГЭ РАН)

Разработана система пространственно-временного прогноза уникальных масштабных динамических разрушений горных пород над затопленными калийными рудниками, базирующаяся на геомеханической интерпретации методами трехмерного математического моделирования мониторинговых данных цифровой малоглубинной сейсморазведки высокого разрешения и маркшейдерских наблюдений за оседаниями земной поверхности. В основу прогноза положены характер распределения критических сейсмических волновых форм и установленный диапазон предельных параметров деформации подработанного массива. Методика прогноза включена в систему минимизации негативных последствий аварий на Верхнекамском месторождении калийных солей. (ГИ УрО РАН)

Направление «Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества». В 2016 году среди приоритетных научных и прикладных целей географических исследований выделялись: (1) создание научных основ нового режима пространственного развития и рационального природопользования в Российской Федерации и ее регионах, учитывающего современные действующие и ожидаемые глобальные и национальные угрозы и вызовы (геополитические, социально-экономические, изменений климата, энергетические, демографические, экологические и др.), (2) разработка новых эколого-географических технологий выхода из кризисных ситуаций, связанных с недоучетом пространственного фактора в развитии страны и регионов, рекомендаций по его учету в инновационном развитии страны, рациональном природопользовании, территориальном планировании, создании экологиче-

ского каркаса страны, (3) реконструкции прошлых, анализ современных и моделирование будущих состояний природной среды и климата для адаптаций к ним природы, хозяйства и населения.

Все направления соответствовали актуальному направлению «Рациональное природопользование», целям «Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы» и многим направлениям науки и отраслевым задачам экономики Российской Федерации, обозначенным в основных документах стратегического планирования.

В 2016 году получены следующие, заслуживающие внимания результаты, позволяющие уточнить место и роль географической науки в развитии страны:

– сформулировано представление о **природном водно-экологическом потенциале** территории, под которым понимается естественная способность ее водных ресурсов и водных экосистем к самовосстановлению их параметров и свойств в условиях антропогенной нагрузки;

– в Институте географии РАН практически завершено создание Евразийской базы пространственно распределенных данных по экологическому каркасу и его «региональным комплексам», системы цифровых карт и ГИС для значительной части России, включая Азиатскую Россию;

– для территории России выявлены закономерности процесса деаграризации/реагрогенеза (возврата ранее неиспользуемых сельхозугодий в аграрный оборот) как единого целого. Установлены типы динамики аграрного развития в сопряженном анализе с факторами «динамика численности сельского населения – величина биоклиматического потенциала (БКП)»;

– выявлен феномен «эколого-ресурсного дисбаланса» в сельском хозяйстве пореформенной России – рост производства заметно опережает увеличение используемых ресурсов (посевных площадей, поголовья скота, удобрений и др.) и все более обеспечивается за счет ужесточения эксплуатации земельных ресурсов;

– показано, что с максимума последнего оледенения (18–20 тыс. л.н.) криосферные процессы охватили большую часть умеренного пояса. В условиях резкой континентальности климата, сопровождавшейся сокращением осадков, чрезвычайно расширилась область многолетней мерзлоты, мощность мерзлых толщ на севере Азии достигала 200–350 м, а под ледниками в Зауральской и Приенисейской частях Западной Сибири она была еще больше – до 500–600 м. В это время осушался арктический шельф, и в его пределах мерзлые толщи достигали 50–100 м. В настоящее время данным режимных наблюдений в скважинах в пределах криолитозоны фиксируются повышения среднегодовой температуры пород на глубине нулевых годовых амплитуд на величину 0,5–2°C, а также некоторое изменение положения ее южной границы.

Актуальность и необходимость продолжения фундаментальных географических исследований **в рамках планов на 2017–2019 гг.** связана с поиском «географических» ответов на глобальные и национальные вызовы XXI столетия.

Основные вызовы для России, связанные с изменениями климата и общества и **требующие решения в рамках междисциплинарных географических исследований:**

– *геополитический вызов*: изменение политической карты мира, неравномерность мирового развития и учет этих факторов в стратегии пространственного развития и рационального природопользования России;

– *пространственный вызов*: до сих пор не выделены новые приоритеты пространственного развития и рационального природопользования в условиях меняющегося климата, что не позволяет эффективно использовать стратегические ресурсы России;

– *модернизационный вызов*: трудности внедрения единого вектора модернизации в стране при разновекторных изменениях климата и различиях регионов в развитии;

– *цивилизационный вызов*: проблемы, возникающие в силу полиэтничности и поликонфессиональности населения при слабой миграционной политике; ограничения политического и экономического характера в результате санкций («санкционный синдром»), дифференциация регионов по реакции на изменения климата и адаптации к ним;

– *социально-экономический вызов*: пространственное неравенство регионов России, которое должно учитываться в стратегическом планировании и при разработке адаптаций к изменениям климата;

– *ресурсный вызов*: сохранение ресурсодобывающего и ресурсно-экспортного «крена» в экономике страны, пространственные особенности, обусловленные климатом;

– *климатический вызов*: «быстрые» климатические изменения не позволяют оперативно вводить превентивные и адаптационные действия по защите природы, хозяйства и населения от климатических аномалий, прогнозировать климатические катастрофические явления; но пространственный фактор и вектор на новые модели рационального природопользования позволяют решать проблемы адаптаций, прибегая к пространственным сдвигам хозяйства, к созданию адаптационных схем регионального развития и т.д.;

– *экологический вызов*: в стране сохраняется угроза роста загрязнения среды, дефицита питьевой воды, истощения биоресурсов, антропогенной трансформации биоты и экосистем; процессы трансформации усиливаются при расширении экономической деятельности на фоне меняющегося климата (синергизм) и при проявлении кумулятивного и каскадного эффектов, превращающих локальные трансформации в очаговые и фронтальные; в отсутствие нормативно закрепленных основ перехода к новым моделям рационального природопользования и экологического каркаса территории России отвечать на вызов на современном этапе невозможно;

– *энергетический вызов*: для России помимо ресурсного, имеют место геополитический (глобальная конкуренция, внешнеэкономические связи и пр.) и инновационный (поиск новых источников энергии) аспекты, тесно связанные

с обеспечением энергетической безопасности страны на долгую перспективу в условиях меняющегося климата.

Направление **«Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика (инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии)»**. Совершенно очевидно, что исследование Земли невозможно без наличия соответствующих технических средств наблюдений и измерений, но недостаточное финансирование науки в первую очередь отрицательно сказывается на состоянии именно этой области. Тем не менее институты РАН-ФАНО пытаются совершенствовать методы исследований и разрабатывать новые приборы.

В Японском море проведена серия экспериментов (март–октябрь 2016 г.) по определению возможностей гидроакустического навигационно-командного комплекса, состоящего из системы излучения навигационных и связных сигналов и приемного аппаратно-программного модуля для размещения на подводных роботах. Полученные результаты по скорости передачи информации (до 100 м) и точности позиционирования подводного объекта на расстоянии до 300 км от источника навигационных и связных сигналов (ошибки около 100 мм) соответствуют мировому уровню, а в плане технологической реализации превышают его.

Создан экспериментальный образец аппаратно-программного комплекса многочастотной радиолокации, предназначенного для мониторинга океана и внутренних водоемов. В состав комплекса входит трехчастотный поляризационный доплеровский радиолокатор, работающий в X-, C-, S-диапазонах микроволн на двух соосных, вертикальной и горизонтальной, поляризациях, а также идентификации и определения характеристик геофизических процессов в океане (внутренних и длинных поверхностных волн, неоднородных течений, пленок поверхностно-активных веществ, штилевых зон), основанные на физических механизмах изменчивости в поле этих процессов мелкомасштабных ветровых волн различных спектральных диапазонов. Комплекс позволит проводить верификацию данных спутниковых панорамных радиолокаторов X- и C-диапазонов, используемых в настоящее время для решения задач дистанционного зондирования океана.

Разработан аппаратно-программный комплекс (АПК), обеспечивающий оперативный сбор, координированное хранение и оперативную интеллектуальную обработку наземных и спутниковых наблюдений магнитного поля Земли. Реализована автоматизированная система, включающая очистку обсерваторских данных от техногенных помех, подготовку данных стандарта ИНТЕРМАГНЕТ, распознавание и многокритериальную классификацию экстремальных геомагнитных явлений, моделирование электромагнитных параметров и визуализацию результатов. В АПК используются современные математические методы и алгоритмы, включающие элементы искусственного интеллекта. (ГЦ РАН)

На основе серии крупномасштабных 3D газогидродинамических исследований создана технология доразработки газовых залежей Западной Сибири в отложениях сеномана с низконапорным газом. Получен патент на технологию, основанную на активном воздействии на водонапорный режим. Данная технология позволит продлить экономически эффективную доразработку месторождений Западной Сибири и увеличить коэффициент газоотдачи этих месторождений.

Разработана и опробована на практике технология аудиомагнитотеллурических экспресс-зондирований, базирующаяся на скоростной методике полевых наблюдений и способе преобразования полученных данных для визуализации геоэлектрического разреза. Разработанная методика позволяет проводить скоростные зондирования верхней части разреза (до 100–200 м) с использованием аудиомагнитотеллурических и магнитовариационных параметров естественного электромагнитного поля Земли аудиодиапазона (100–15 000 Гц). Высокая производительность аудиомагнитотеллурических (АМТ) экспресс-зондирований достигнута в результате повышения мобильности установки – применения малогабаритных магнитных датчиков со стабильными характеристиками и не заземляемых (стелющихся) электрических линий. Общее время полевых наблюдений на точке удалось сократить до одной минуты. К дополнительным преимуществам технологии относится возможность работать на урбанизированных территориях, за счет аппаратной и программной фильтрации промышленных помех. Предложенный способ преобразования аудиомагнитотеллурических данных в глубинные разрезы эффективных электромагнитных параметров среды позволяет без решения обратной задачи визуально проследить форму и глубину залегания аномальных проводящих объектов в геологическом разрезе. Разработанная технология АМТ экспресс-зондирований не имеет аналогов за рубежом. Для ее проверки проводилось сравнение полученных результатов с материалами других геофизических методов и данными по бурению на ряде рудных месторождений: Свердловское, Березовское, Черемшанское, Светлое, Волковское и Чусовское. Важнейший вывод, сделанный на основании сверочных работ – это высокая сопоставимость результатов АМТ экспресс-зондирований с арбитражными геолого-геофизическими данными, что подтверждает успешное апробирование предложенной технологии.

Разработана система контроля процесса формирования ледопородного ограждения при строительстве шахтных стволов методом замораживания в сложных гидрогеологических условиях. Методика контроля базируется на использовании инновационной технологии оптоволоконной термометрии. На основе полученных результатов оптических измерений температур в контрольно-термических скважинах разработан алгоритм численного решения обратной задачи Стефана и создана автоматизированная информационно-аналитическая система обработки и 3D-визуализации процессов формирования ледопородного ограждения. Система контроля апробирована и внедрена при проходке шахтных стволов в ОАО «Беларуськалий».

Важнейшие достижения

1. Доказательства континентальной природы хребта Менделеева

Впервые на основании прямого опробования коренных пород дна с помощью технических средств научно-исследовательской подводной лодки в юго-западной части поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан), а также анализа материалов, полученных при батиметрической съемке и видеонаблюдении, объективно доказана континентальная природа пород (кварцито-песчаники и др.), слагающих это поднятие.

Полученный результат является важнейшим аргументом в пользу включения поднятия Менделеева в экономическую зону России в Восточной Арктике (рис. 38). (ГИН РАН, академик РАН Федонкин М.А., к.г.-м.н. Сколотнев С.Г.)

2. Палеотектонические реконструкции для Новосибирского террейна на кембрий-силур

Разработаны сценарии геологической истории Новосибирских островов и построены палеотектонические реконструкции для кембрия и ордовика (520–440 млн лет назад), раскрывающие палеогеографию осадочных бассейнов и кинематику дрейфа террейнов Восточной Арктики. (ИНГГ СО РАН)

3. Новая геодинамическая модель меловой и кайнозойской эволюции литосферы Арктики и Северо-Восточной Азии

Разработана новая геодинамическая модель, основанная на представлении о существовании горизонтально протяженной конвективной ячейки в верхней мантии, сопряженной с конвейерным механизмом субдукции тихоокеанской литосферы. В рамках предложенной модели находят свое естественное физическое объяснение такие известные тектономагматические процессы, как отступление островных дуг в сторону океана с образованием задуговых бассейнов, возникновение континентальных рифтовых зон и магматических провинций на значительных (более 1000 км) расстояниях от зон субдукции и т.д. (ИО РАН, член-корреспондент РАН Лобковский Л.И.)

4. Модель пульсации мантийных плюмов

Разработана пульсационная модель мантийного плюма, в которой впервые учтено не непрерывное поступление разогретого вещества со дна мантии посредством сплошных конвективных струй, а порционное, что позволяет объяснить возникновение цепочек Горячих точек и формирование островных цепей Гавайского типа. (ИФЗ РАН, член-корреспондент РАН Трубицын В.П.)

На рисунке 37 показан момент, когда в мантии существует 10 плюмов. Из них один, плюм *A*, только зарождается на дне мантии, и два других – *C* и *D* – объединяются. Внутри канала плюма порциями поднимаются сгустки более горячего вещества, которые периодически достигают поверхности, порождая вулканические острова.

5. Разработка научных основ прогнозирования крупнотоннажных месторождений цветных и благородных металлов в металлогенических провинциях Востока России

Проведен анализ базы данных по 700 рудным месторождениям золото-кварцевого, серебро-полиметаллического, олово-порфирирового и свинцово-цинкового стратиформного типов, который показал, что доля крупных месторождений оказывается высокой в докембрийских комплексах, в формациях пассивной окраины и в орогенных областях, что определяет перспективность выявления крупных объектов на Востоке России. (ИГЕМ РАН, академик РАН Бортников Н.С.)

На схематической карте потенциальной перспективности на выявление крупных месторождений Северо-Востока России (рис. 39) показаны рудные формации:

1 – платинометалльная малосульфидная, 2 – порфирировая золотоносная, 3 – золото-сульфидно-кварцевая (жил и минерализованных зон), 4 – золото-серебряная, 5 – золото-сурьмяная березитовая, 6 – эпитермальная золото-сульфидная, VIF, 7 – золото-сульфидная черносланцевая, 8 – серебро-полиметаллическая березитовая с золотом, 9 – золото-кварцевая жильная, 10 – медно-никелевая платиноносная, 11 – порфирировая медно-молибденовая, 12 – колчеданно-полиметаллическая в вулканогенных породах, 13 – самородной меди в базальтах, 14 – медистых песчаников, 15 – колчеданно-полиметаллическая в терригенных породах, 16 – стратиформная свинцово-цинковая в карбонатных породах, 17 – стратиформная свинцово-цинковая в терригенно-карбонатных породах, 18 – жильная свинцово-цинковая в разнообразных породах, 19 – грейзеновая молибден-вольфрамовая, 20 – касситерит-силикатная, 21 – ртутная листовенитовая, 22 – черносланцевая молибден-ванадиевая в щелочных метасоматитах, 23 – ртутная терригенная аргиллизитовая, 24 – кварц-диккитовая эпитермальная, 25 – бокситовая, 26 – апатит-нефелиновая редкоземельно-редкометаллическая в расслоенных щелочных интрузиях, 27 – карбонатитовая редкометаллическая, 28 – щелочно-редкоземельная, 29 – литиеносных редкометаллических пегматитов и щелочных метасоматитов, 30 – апатит-редкоземельно-редкометаллическая переотложенных кор выветривания, 31 – офиолитовая хромитовая, 32 – базитовая титаномагнетит-ильменит-ванадиевая, 33 – вулканогенно-осадочная титано-магнетитовая, 34 – железо-скарновая, 35 – железистых кварцитов, 36 – терригенно-карбонатная железо-марганцевая, 37 – формационного несогласия.

6. Разработаны основы новой парадигмы развития сырьевой базы и добычи нефти в Российской Федерации

В качестве ее ключевых моментов предлагается:

1) последовательное расширение географии нефтяной промышленности за счет новых провинций на континентальной части территории России (движение с Запада на Восток и на Север);

2) приоритетные поиск, разведка и ввод в разработку уникальных и крупных месторождений;

3) приоритетный ввод в разработку запасов, отличающихся высокими качественными характеристиками (пористость и проницаемость коллекторов, вязкость, плотность, содержание серы в нефтях). (ИНГГ СО РАН, академик РАН Конторович А.Э.)

С учетом новой парадигмы развития нефтегазового комплекса Российской Федерации должны быть уточнены:

- Энергетическая стратегия России;
- Генеральная схема развития нефтяной отрасли;
- Генеральная схема развития газовой отрасли;
- Генеральная схема развития нефтепереработки и нефтегазохимии;
- Генеральная схема развития трубопроводного транспорта углеводородов и др.

7. Построена литолого-электрофизическая модель отложений баженовской свиты

Построена литолого-электрофизическая модель отложений баженовской свиты по полученным новым данным о дисперсионных свойствах слабо проводящих карбонатно-глинисто-кремнистых битуминозных пород.

Впервые установлены параметры обобщенной дисперсионной модели и детально изучены частотные зависимости удельной электропроводности и диэлектрической проницаемости карбонатно-глинисто-кремнистых битуминозных пород баженовской свиты, а также выполнены оценки относительного содержания породообразующих компонент и выделены основные литологические типы баженигов на основе использования программ и оригинальных алгоритмов быстрой обработки и инверсии высокоточных диаграмм электро-электромагнитных зондирований в скважинах и лабораторных измерений на керне. (ИНГГ СО РАН, академик РАН Эпов М.И.)

8. Получены первые свидетельства метастабильной кристаллизации графита в поле стабильности алмаза в мантийных породах

Изучены взаимоотношения между графитом-алмазом в $\text{Grt-Ky-Cpx-S}^*-\text{Coe/Qtz-Dia-Gr}$ ксенолите эклогита из кимберлитовой трубки Удачная-Восточная, Якутия.

Впервые диагностированы сингенетичные включения графита в алмазе и в основных породообразующих минералах – гранате, кианите и клинопироксене. Включения кристаллов графита не полностью окружены минералом хозяином (гранатом). Графит во включениях в алмазе и породообразующих минералах имеет высокоупорядоченную структуру и характеризуется значительным смещением полосы (-1580 см^{-3}) на 7 см^{-3} , что говорит о значительном остаточном напряжении во включении. По результатам ИК-спектроскопических исследований кристаллов алмаза была установлена высокая степень агрегации азота. Таким образом, в изученном ксенолите формирование алмазов происходило задолго (~ 1 млрд лет назад)

до выноса кимберлитовым расплавом, а температура конечного равновесия составляет $1020 \pm 40^\circ$ при давлении 4–7 ГПа, следовательно, графит может длительное время (миллионы лет) сохраняться в поле стабильности алмаза, не трансформируясь в алмаз.

Находки включений графита, выходящих за пределы кристалла алмаза, являются первым свидетельством кристаллизации метастабильного графита в поле стабильности алмаза в породах верхней мантии. (ИГМ СО РАН)

9. Разработана теория, объясняющая причины и этапность развития событий, предопределивших эволюцию биосферы и климата

Показано, что история биосферы, включая историю оледенений, а также накопления масс органического углерода, связана с конфликтом между ролью CO_2 , как газа, определявшего тепловой режим планеты, и ролью CO_2 , как исходного вещества в созидании биоты. (ГЕОХИ РАН, академик РАН Галимов Т.В.)

10. Создание модельной структуры гравитационного поля Марса

Исследован фундаментальный вопрос марсианской геодезии о выборе референсной поверхности Марса, от которой отсчитываются высоты рельефа и эквипотенциальной поверхности гравитационного поля Марса. Сделан вывод, что наиболее эффективна гидростатически-равновесная модель. (ИФЗ РАН, профессор Жарков В.Н., д.ф.-м.н. Гудкова Т.В.)

На рис. 40 показана карта высот ареоида для гармоник со степенями с 7 по 90-ю относительно равновесной фигуры. Сплошные линии соответствуют положительным высотам, пунктирные – отрицательным, нулевой уровень показан жирной сплошной линией. Интервал между изолиниями 50 м. Для наглядности справа показана ее теневая объемная модель.

11. Разработан аппаратно-программный комплекс для оперативного сбора, хранения и интеллектуальной обработки наземных и спутниковых наблюдений магнитного поля Земли

Реализована автоматизированная система, включающая очистку наблюдательских данных от техногенных помех, подготовку данных стандарта ИНТЕР-МАГНЕТ, распознавание и многокритериальную классификацию экстремальных геомагнитных явлений, моделирование электромагнитных параметров и визуализацию результатов. В аппаратно-программном комплексе используются современные математические методы и алгоритмы, включающие элементы искусственного интеллекта. (ГЦ РАН, академик РАН Гвишиани А.Д., чл.-корр. РАН Соловьев А.А.)

12. Сейсмотомография района проявления супервулканизма (Суматра)

На основе данных сейсмотомографии и на примере района Тобы (Суматра) оценены условия проявления супервулканизма в зонах субдукции и показан

многоуровневый характер миграции флюидов и расплавов. Предполагается, что выделение большого количества тепла и флюидов из магматических очагов вызывает плавление верхней коры, что приводит к суперизвержениям. (ИНГГ СО РАН, член-корреспондент РАН Кулаков И.Ю.)

Было доказано, что первопричиной супервулканизма в районе Тобы является погружение под Суматру хребта Исследователей, из которой выделяется аномальное количество флюидов. С помощью сейсмической томографии под кальдерой Тоба на Суматре выявлены условия формирования многоуровневого источника супервулканизма в зоне субдукции. Была обнаружена связь между расположением кальдеры и траекторией перемещения хребта Исследователей, крупной разломной структуры в Индийском океане.

Сделано предположение, что при погружении под Суматру этот хребет является источником большого количества флюидов, подъем которых через мантийный клин приводит к активному плавлению пород. В полученной томографической модели непосредственно под корой наблюдается крупная сейсмическая аномалия, которая представляет собой очаг базитовой магмы под Тобой. Выделение большого количества тепла и флюидов из этого очага вызывает плавление пород верхней коры, что, в конечном итоге, приводит к суперизвержениям.

13. Создание сети сейсмического мониторинга на Сахалине на основе широкополосного мобильного сейсмометра

Введена в опытную эксплуатацию система сейсмологического мониторинга в районе магистрального газопровода «Сахалин–Хабаровск–Владивосток». Система состоит из 12 пунктов регистрации на территории северного Сахалина и центра обработки данных в Хабаровске, соединенных оптоволоконной сетью. Система способна в автоматическом режиме выделять сейсмические события на изучаемой территории, определять положение их гипоцентров и энергетические характеристики, давать оценку воздействия на участки газопровода. (ИФЗ РАН)

14. Комплексное решение задач освоения месторождений твердых полезных ископаемых Арктической зоны на основе информационных технологий моделирования объектов процессов горно-обогатительного производства и геозкотехнологий

Разработаны: интерактивная карта месторождений северо-запада Арктической зоны с подсчетом запасов и распределением содержания полезных компонентов, модуль автоматизированного планирования схем вскрытия месторождений, методология оценки аэрозольного воздействия предприятий на природную среду по данным спутниковых наблюдений, концепция улучшения экологического состояния арктических регионов восстановлением техногенно нарушенных объектов с учетом регенерационных возможностей природной среды. (ГоИ КНЦ РАН, академик РАН Мельников Н.Н.)

15. Гидродинамическая модель движения волны паводка по застроенной территории

Разработана гидродинамическая модель движения волны паводка, позволяющая описывать движение воды по застроенной территории при наличии протяженных линейных объектов (мостов, дорог). Модель проверена с помощью аналитических тестов и по данным лабораторных физических экспериментов в гидродинамическом лотке. С помощью модели описана динамика затопления г. Крымска во время катастрофического наводнения в июле 2012 г., воспроизведена пространственная картина прохождения волны паводка и рассчитаны скорости течения и глубины потока с учетом фактического расположения более 10 тысяч зданий и сооружений в зоне затопления. Сопоставление результатов расчета с данными наблюдений и космическими снимками подтвердило высокую эффективность модели и возможность ее использования для информационной поддержки принятия решений по управлению риском наводнений на застроенных территориях со сложным рельефом. (ИВП РАН, д.т.н. Беликов В.В.)

16. Геоэкологическая оценка сдвигов в территориальной организации использования природных ресурсов России

Выявлен феномен «эколого-ресурсного дисбаланса» в сельском хозяйстве пореформенной России – рост производства заметно опережает увеличение используемых ресурсов (посевных площадей, поголовья скота, удобрений и др.) и все более обеспечивается за счет ужесточения эксплуатации земельных ресурсов. Выделены две группы регионов, различающиеся диаметрально противоположными экологическими траекториями:

1) регионы, где высокий «дисбаланс» наблюдается на фоне спада производства (Тверская, Нижегородская области, Пермский край); это районы ускоренной примитивизации аграрной сферы, в них усиливается ее зависимость от природных режимов и тенденций, прежде всего – от климата;

2) регионы, где высокий «дисбаланс» сопровождается ростом производства (Центральное Черноземье), что обуславливает чрезмерную эксплуатацию агроландшафтов, чреватую их ускоренной деградацией. (ИГ РАН, Ключев Н.Н.)

17. Для Арктической Зоны РФ и криолитозоны Евразии в целом составлен актуализированный комплект обзорных геоэкологических мелкомасштабных карт (1:16 000 000), отражающий мерзлотные условия на начало XXI века

В состав комплекта входят:

- распространение, мощность и льдистость многолетнемерзлых пород;
- температуры многолетнемерзлых пород и экзогенные процессы в криолитозоне;
- районирование криолитозоны по условиям хозяйствования;
- тенденции изменения мерзлотных условий в XXI в.;
- оледенение и мерзлота Арктики (циркумполярная геоэкологическая карта).

Использована графическая основа масштаба 1:2500000, обеспечивающая прямой переход к составлению актуализированной геокриологической карты России этого масштаба, и начаты соответствующие работы в части криогенных геологических процессов. (ИКЗ СО РАН)

18. Изменения пространственной структуры нивально-гляциальных систем в высокогорном Алтае

По результатам анализа наземных наблюдений и спутниковых данных установлено, что климатические вариации последних десятилетий привели к существенным и необратимым изменениям пространственной структуры нивально-гляциальных систем в высокогорном Алтае.

Площадь дегляциации основных узлов оледенения (Катунский, Северо-Чуйский, Южно-Чуйский) увеличились на 175 км² за последние 50 лет. При этом величина климатогенного подъема геоморфологических зон за последние столетия достигла 18–200 метров.

Впервые полученные количественные данные по динамике нивально-гляциальных систем согласуются с наблюдаемой динамикой экосистем в высокогорном Алтае. Результаты исследований указывают на необходимость их учета при прогнозировании опасных гидрологических и геоморфологических процессов в высокогорных регионах (наводнение, селеформирование, термокарст, криогенное оползание). (ИМКЭС СО РАН)

19. Оценка состояния экосистемы Карского моря

Впервые в истории были получены оценки состояния Карской экосистемы в весенний сезон. Установлено, что в Карском море отсутствует весеннее цветение фитопланктона. Это связано с недостатком минерального питания и приводит к общей низкой биологической продуктивности бассейна. Наблюдаемые в Арктике потепление и уменьшение ледовитости не приводят к возрастанию биологической продуктивности карского региона. Показано, что интенсивный сезонный сток Оби и Енисея не влияет на процессы формирования продукции в экосистеме Карского бассейна. Это определяется стабильно существующей в эстуариях рек фронтальной зоной, блокирующей биогеохимические и биологические взаимодействия в системе река – морской бассейн. Установлено отсутствие естественных барьеров, изолирующих экосистемы районов крупнейших могильников радиоактивных отходов (залывы Новой Земли) от экосистемы бассейна, что может быть причиной широкого распространения радиоактивного загрязнения в случае расконсервации могильников. (ИО РАН)

20. Региональная система оперативного прогноза опасных атмосферных явлений

Разработана и верифицирована система оперативного прогноза быстро развивающихся метеорологических явлений, использующая дополнительную

информацию об электродинамических параметрах атмосферы и грозových разрядах. Система состоит из: средств грозопеленгации, датчиков квазистатического электрического поля, программного комплекса для сбора и обработки данных. Функционирование системы основано на оперативном использовании мезомасштабной численной модели прогноза погоды WRF. Средняя ошибка прогноза температуры не превышает 0,6°C. (ИПФ РАН)

21. Космический мониторинг природных пожаров и эмиссий CO, CO₂ в 2005–2016 гг.

На основании результатов оперативного космического мониторинга природных пожаров проанализированы распределения площадей, пройденных огнем, а также объемов эмиссий углеродсодержащих газов (CO и CO₂) и мелкодисперсных аэрозолей (PM_{2,5}) для различных регионов Северной Евразии, позволившие выявить особенности пространственного распределения и сезонной повторяемости природных пожаров и объемов эмиссий углеродсодержащих газов и мелкодисперсных аэрозолей.

Установлено, что за период с 2005 по 2016 г. ежегодная площадь выгоревших территорий при природных пожарах в Российской Федерации снизилась почти в 2,6 раза за счет принятия мер по раннему обнаружению и ликвидации очагов возгорания. Установлено, что в 2014–2016 гг. на территории Украины относительные площади, пройденные огнем, увеличились более, чем в 6 раз, а объемы эмиссий CO, CO₂ и PM_{2,5} – в 6,5–7,5 раз по сравнению с предыдущими годами для этой страны и для территорий других стран Европы (рис. 41, 42). (НИИ «АЭРОКОСМОС», академик РАН Бондур В.Г.)

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Прогноз развития в области общественных наук

Курс на преодоление экспортно-сырьевой зависимости и улучшение качества экономического роста на основе технологического обновления промышленности является одним из важнейших приоритетов развития российской экономики на ближайшие годы. Реализация такого масштабного стратегического курса требует тонкой настройки механизма содействия структурным преобразованиям в рамках формирования осмысленной промышленной политики и обеспечения высокой результативности ее функционирования.

Реализация курса на «новую индустриализацию» в России связана с необходимостью решения двух принципиально важных задач: во-первых, восстановление промышленного потенциала на новой технологической основе, во-вторых, развитие высокотехнологичного сектора, а также создание под него соответствующей технологической базы.

И лишь определив новую индустриализацию в качестве стратегического курса, можно реально продвинуться на пути формирования инновационной экономики России.

Для осмысленного движения вперед необходима разработка выверенной долгосрочной государственной промышленной политики, важнейшей задачей которой должно стать построение государственной системы законодательного, финансового, организационного и кадрового обеспечения новой индустриализации, имеющей соответствующее институциональное обеспечение.

Курс на исключение государства из экономики и ориентация на «невидимую руку рынка» себя полностью дискредитировали. Такие его параметры, как экономическая свобода, частная собственность и конкуренция должны быть ориентированы не на коммерциализацию и самокупаемость всего и вся, а на эффективное удовлетворение интересов общества, прежде всего стимулирование спроса на инновационную высокотехнологичную продукцию. Усилия должны быть направлены на создание эффективно функционирующей триады, основанной на знаниях, технологиях и поиске областей, где их можно реально использовать.

Таким образом, в создавшихся в России условиях именно государство должно определять систему координат, расставлять приоритеты, формировать соответствующие институты и, в конечном итоге, создать экосистему – определенную среду для развития инноваций, которая позволит соединить всех участников процесса и обеспечить эффективное сотрудничество.

Обеспечение экономического роста на базе развертывания процесса новой индустриализации невозможно решить без выхода на новый виток наращивания инвестиционной активности. Однако вопрос об источниках и масштабах необходимых инвестиционных ресурсов для технологической модернизации и инновационного развития до сих пор остается дискуссионным. Проводимая при этом государственная денежно-кредитная политика, направленная на поддержание финансовой стабильности за счет ограничения денежной массы и сверхвысоких кредитных ставок, делает по сути невозможным для бизнеса получение долгосрочных кредитных ресурсов на реализацию масштабных проектов технологической модернизации и освоение инновационной продукции. Создаваемые финансовые институты развития пока слабо участвуют в решении этих проблем.

По сути, сегодня требуется корректировка всего набора институтов, инструментов и механизмов, участвующих в решении задач новой индустриализации. Предпочтение должно отдаваться институтам, содействующим созданию и эффективному распространению технологий не только в высокотехнологичных секторах экономики, но и в традиционных отраслях промышленности, в том числе инвестиционных, предъявляющих основной спрос на инновации; способствующих выстраиванию собственных национальных воспроизводственных цепочек, обеспечивающих производство продукции с высоким уровнем добавленной стоимости. В этой связи особое значение приобретают механиз-

мы стратегического планирования, государственно-частного партнерства, развития контрактных отношений, институты прикладной науки, финансовые и нефинансовые институты развития, формирование промышленно-инновационных кластеров, промышленных парков и технопарковых структур и т.п.

Важным аспектом новой промышленной политики должно стать укрепление кадрового потенциала страны высокообразованными техническими специалистами, учеными, инженерами и высококвалифицированными рабочими, основная функция которых – интеллектуальное обеспечение политики модернизации путем развития новых научных направлений и разработки конкурентных технологий, строительства промышленных предприятий и организации новых производств. Только активизировав научно-техническую и исследовательскую деятельность, возвысив социальный статус ученого и инженера, разработав новую модель высшего и профессионального образования, можно обеспечить основные условия успешной модернизации экономики России.

Особое значение приобретают междисциплинарные исследования, направленные на достижение устойчивого развития страны и повышение качества жизни. Экономические науки тесно связаны с философией, социологией, политологией, правоведением, психологией.

Современная фундаментальная демографическая наука в РФ строится на тесном взаимодействии с социологией, политологией и экономической теорией, в особенности, экономикой труда.

Анализ миграционной ситуации в РФ дает возможность выявить векторы, пути и факторы оптимизации внешних и внутренних миграционных потоков как всего населения, так и трудовой миграции с учетом потребностей российского регионального рынка труда.

Эти исследования особенно актуальны в условиях социально-экономических трудностей и демографического спада, в которых находится РФ в настоящее время.

Выделяются следующие долговременные стратегии развития фундаментальных исследований в области философского знания.

Исследования в области социальной и политической философии включают в себя анализ эволюции моделей политического знания в условиях трансформации идеологических процессов и их роли на современном этапе развития государств, исследования локального и глобального, а также решение задачи по преодолению ангажированности в представлении российского духовно-культурного и социально-политического опыта в условиях формирования цивилизационной идентичности России через переосмысление идейного пласта русской политико-философской мысли.

В области философской антропологии и наук о человеке ведутся исследования концептуальных оснований социогуманитарного сопровождения (критической философской рефлексии, биоэтики, социогуманитарной экспертизы, а также совместного производства научных знаний и социальных структур) инновационной деятельности, междисциплинарной коммуникации, трансдисци-

плинарности, системно-сложностного подхода в решении комплексных задач организации и управления инновационными процессами в условиях конвергенции знаний. Особое значение имеет философско-методологическое обоснование гуманитарной экспертизы трансгуманистических проектов улучшения природы человека (технологий психологического и соматического конструирования человека; гибридизации человека и др.).

Исследования в области эпистемологии и философии науки развиваются в тесной связи с прогрессом когнитивных наук (разработки в области искусственного интеллекта, когнитивной психологии, когнитивной лингвистики, когнитивной нейронауки, социологии научного познания, антропологии познания). Для осмысления этих проблем российские философы успешно используют ряд подходов, разработанных в отечественной философии и психологии: деятельностный подход (возродившийся в современной когнитивной науке в виде принципа энктивизма), культурно-историческое понимание сознания и познания.

В области этики, эстетики, философии религии изучаются сущностные и функциональные характеристики нравственности, художественной деятельности, религии. На этой основе осмыслиется современный социокультурный опыт, условия его возможности и особенности конкретных проявлений на общественном, коммунитарном и индивидуальном уровнях, в русле освоения достижений мировой мысли, как классической, так и современной.

Основным направлением историко-философских исследований является изучение взаимных влияний и связей различных философских направлений и национальных традиций с помощью введения в оборот и освоения фундаментальных первоисточников мировой философской мысли. Наиболее перспективным является исследование ключевых идей философских традиций разных цивилизаций в свете современных социокультурных и мировоззренческих вызовов за счет развития компаративистского и межкультурного подходов.

Правовая наука сосредотачивается на следующих проблемных блоках:

- теория права и мировых тенденций развития государственно-правовых институтов и гражданского общества;
- обеспечение правопорядка и национальной безопасности, включая информационную безопасность;
- оптимизация публично-правовых и частноправовых начал в предпринимательской деятельности;
- укрепление социальных основ и правовых гарантий общества и семьи;
- природные ресурсы и охрана окружающей среды.

Приоритетной задачей является анализ новой социальной реальности и ее конструирование в интересах человека и общества. В современных условиях существенно расширяется спектр управленческих задач, решение которых может быть осуществлено на основе «экономики и социологии знания», что требует получения достоверных данных, мониторинга общественного развития

и прогноза его тенденций. Именно они являются необходимыми элементами социального конструирования, направленного на предупреждение негативных и создание желательных последствий.

Академической социологии удалось привлечь внимание власти и общества к тем явлениям, которые ставили под угрозу существование России как суверенного государства – депопуляции, растущим межэтническим напряжениям, масштабной бедности, внутренней «утечке мозгов», ослабляющей систему образования. Вместе с тем именно социологи обнаружили в обществе позитивные сдвиги – небольшую, но влиятельную социальную группу, имеющую характеристики среднего класса.

Социология выполняет важную функцию информационного обеспечения процесса принятия решений. В настоящее время социологические исследования должны предварять любое важное решение в сфере управления на всех уровнях. При этом исследования необходимо проводить не только в предварительном порядке, но и после того, как процесс реформирования запущен, с тем, чтобы выявить его последствия.

Одно из ключевых направлений академической социологии может быть охарактеризовано как непрерывный диалог с обществом. Публичная социология ставит целью повысить информированность специалистов, СМИ и населения в целом о состоянии общества и отдельных сферах его жизни.

Будет продолжена работа по совершенствованию концептуальной основы новой области психологического знания – макропсихологии, на базе которой продолжатся исследования таких проблем современного российского общества, как коррупция, агрессивность, неравенство доходов, а также российского менталитета, патриотизма, а также изучение внешних и внутренних факторов и механизмов конструирования социальных представлений, что создаст новые возможности для социального прогнозирования.

Необходимо также продолжить изучение механизмов стратегической безопасности России путем разработки социально-психологических технологий повышения коллективной рефлексии при принятии решений в кризисных ситуациях.

Особую актуальность приобретают анализ и прогнозирование вызовов и угроз всех аспектов национальной безопасности Российской Федерации.

Важнейшие достижения

Всесторонне изучена проблема конституционных изменений в мире и разработана правовая концепция конституционной реформы. Исследование имеет существенное значение для определения границ возможных конституционных преобразований, его результаты позволят сделать научно обоснованные долгосрочные прогнозы мирового конституционного дизайна. По итогам исследования была опубликована монография Хабриевой Т.Я. «Конституционная реформа в современном мире» (рис. 43).

Академиком РАН А.А. Кокошиным (с двумя соавторами) проведен анализ новейших направлений военно-технической политики США, ее приоритетов, финансово-экономического обеспечения.

Это исследование осуществлено в контексте долгосрочных изменений в военно-технической и военно-стратегической сферах за период после Второй мировой войны, развития новых форм и способов ведения вооруженной борьбы, решений в области стратегического управления. Проведенная работа имеет большое прикладное значение для обеспечения интересов национальной безопасности России. По результатам исследования были подготовлены аналитические записки для директивных органов и опубликована монография «О новых приоритетах военно-технической политики США» (рис. 43).

Завершена разработка теории долгосрочного экономического развития. Зарегистрировано научное открытие академика РАН Глазьева С.Ю. о закономерности периодического процесса смены технологических укладов, каждый из которых представляет собой воспроизводящуюся целостность технологически сопряженных производств. Жизненный цикл технологического уклада проявляется в форме длинной волны Кондратьева. Происходящая в настоящее время смена технологических укладов проявляется в типичной для этой фазы длинноволновой депрессии, в ходе которой происходят резкие колебания цен на энергоносители, возникают финансовые пузыри, происходит структурная перестройка экономики. На основании этого открытия разработаны и опубликованы предложения по проведению политики роста российской экономики на основе опережающего роста нового технологического уклада, ядро которого составляет комплекс нано-, биоинженерных и информационно-коммуникационных технологий. Доказано, что опережающее развитие российской экономики предполагает формирование институтов нового мирохозяйственного уклада, который приходит на смену либеральной глобализации. По результатам исследований опубликована монография «Экономика будущего. Есть ли у России шанс?» (рис. 43).

Разработана стратегия действий по преодолению экономического спада в России (рук. проекта ак. Ивантер В.В.). Проведены масштабные модельные расчеты, доказывающие, что реализация указанных мер способна обеспечить не только преодоление спада, но и вывод национальной экономики на траекторию высоких темпов роста уже в краткосрочной перспективе. Разработанная стратегия действий представлена в аналитическом докладе «Восстановление экономического роста в России». Доклад передан в федеральные органы законодательной и исполнительной власти. Завершена разработка сценарного прогноза социально-экономического развития России на период до 2035 года (таблица 1). (ИНП РАН)

Впервые в отечественной практике осуществлен сопоставительный анализ отечественных и зарубежных методов оценки эффективности работы органов государственной исполнительной власти с целью создания новой рейтинговой модели оценки, адаптированной с учетом специфических особенностей данной деятельности. (руководитель проекта ак. Окрепилов В.В.)

Табл. 1. *Консервативный сценарий: умеренная динамика мировых цен на сырье + отсутствие активной структурной политики внутри России.*

Среднегодовые темпы роста выпуска по секторам экономики, прирост в %

	2011 – 2015	2015 – 2020	2020 – 2025	2025 – 2030	2030 – 2035	2011 – 2035
Сельское и лесное хозяйство, охота и рыболовство	4,2	2,3	1,8	1,2	0,7	2,0
Добыча полезных ископаемых	0,7	0,0	0,2	0,3	0,5	0,4
Высокотехнологичные отрасли обработки	1,1	2,8	4,5	4,1	3,9	3,3
Среднетехнологичные отрасли обработки высокого уровня	1,7	2,4	4,4	3,7	3,6	3,1
Среднетехнологичные отрасли обработки низкого уровня	1,9	0,7	0,5	0,6	0,8	0,9
Низкотехнологичные отрасли обработки	1,4	1,2	3,2	3,9	4,6	2,8
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	0,8	0,1	0,8	1,1	1,3	0,8
Строительство	2,3	4,6	3,9	3,1	2,7	3,3
Оптовая и розничная торговля, ремонт	2,0	1,7	2,9	3,1	3,2	2,6
Гостиницы и рестораны	3,9	-0,2	3,6	2,8	3,5	2,7
Транспортировка и хранение	0,7	1,0	1,9	2,4	3,1	1,8
Связь и телекоммуникации	2,8	1,5	3,4	3,4	3,3	2,9
Финансы и страхование	1,1	1,6	2,9	3,0	2,8	2,3
Операции с недвижимым имуществом, предоставление услуг	2,6	1,4	2,6	2,7	3,0	2,5
Исследования и разработки	0,9	2,6	3,9	2,6	2,2	2,4
Другие предпринимательские услуги	2,0	1,8	3,0	3,2	2,9	2,6
Государственное управление, оборона и обязательное социальное страхование	1,3	1,2	2,5	1,9	2,0	1,8
Образование	1,4	0,4	2,7	1,8	2,1	1,7
Здравоохранение	1,8	0,8	2,5	1,8	2,2	1,8
Другие общественные, социальные и частные услуги	1,7	1,0	2,0	1,9	2,4	1,8
Всего валовой выпуск	1,7	1,5	2,5	2,5	2,7	2,2

Источник: Расчеты ИИП РАН.

Разработана концепция «Сибирского наукополиса» как одной из самых масштабных и эффективных в России территорий опережающего инновационного развития, опирающейся на уже созданный потенциал и институты развития вокруг Новосибирского Академгородка. В его основе – сильная интеграция Новосибирского научного центра СО РАН, Новосибирского национального исследовательского государственного университета, Технопарка Новосибирского

академгородка, наукограда Кольцово и его Биотехнопарка, ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина. Предложены инструменты и механизмы его государственной поддержки на принципах государственно-частного и федерально-регионального партнерства. (авторы проекта: ак. Кулешов В.В., д.э.н. Селиверстов В.Е.)

Разработан модельный комплекс для получения многовариантных стратегических прогнозов социально-экономического развития региона. Выполнен отбор и тестирование управляющих параметров, используемых для задания режима прогнозных расчетов и формализации гипотез социально-экономического развития региональной системы. Проведена серия экспериментальных расчетов параметров развития региона в различных условиях функционирования региональных и отраслевых подсистем и объектов. Получены количественные оценки макроэкономического прогноза и прогноза социальных параметров в разрезе этапов и сценариев, включающих сочетание эндогенных и экзогенных условий регионального развития (рук. проекта ак. Минакир П.А.). (ИЭИ ДВО РАН)

Под руководством ак. Макарова В.Л. была разработана агенториентированная модель трудовой миграции из Китая в Россию, концепция которой опирается на максимально приближенную к реальности имитацию поведения людей исходя из их внутренних установок, обуславливающих выбор агентами-людьми территории-места жительства. Для этого при разработке конструкции агентов модели, а также организации среды, были учтены основные особенности населения двух соседних стран и происходящих в них демографических процессов. (ЦЭМИ РАН)

Проведено не имеющее аналогов в российской и международной практике исследование по созданию системы ключевых показателей национальной безопасности в соответствии с 15 сферами основных форм жизнедеятельности общества. Данная система дает возможность определить точку отсчета для решения основных проблем обеспечения национальной безопасности РФ. В соответствии с 79 предельно-критическими показателями и показателями реальных угроз осуществляется анализ состояния безопасности страны по 15 сферам. По результатам исследования был сделан вывод о том, что по ключевым (экономическим, демографическим, технологическим, энергетическим, продовольственным и др.) показателям сохраняются угрозы национальной безопасности России. (ИСПИ РАН). В таблице 2 представлены показатели демографической безопасности.

Сформулирована целостная концепция разработки и реализации промышленной политики, обеспечивающей структурную модернизацию и комплексное преобразование промышленного сектора экономики в контексте задач новой индустриализации и перехода к инновационной модели развития. Анализируя современные тенденции в структурно-технологическом развитии экономик ведущих стран мира, авторы раскрывают особенности содержания новой индустриализации для России и предлагают системные подходы к определению приоритетов промышленного развития, их инвестиционного и кадрового обеспечения, формированию соответствующей институциональной среды.

Табл. 2. *Перечень предельно-критических показателей и их значений демографической безопасности Российской Федерации*

Предельно критические показатели и их значения		Реальные показатели
Уровень смертности от внешних причин	150 тыс. человек	185,4 тыс. человек. Выше на 35,4 тыс. человек
Младенческая смертность	5 умерших на 1000 родившихся	8,2 на 1000 родившихся. Больше умерших на 3,2
Миграционный прирост населения	300 тысяч человек	296 тысяч человек. На 4 тысячи человек ниже
Ожидаемая продолжительность жизни населения	75 лет	70,7 лет Меньше на 4,3 лет
Суммарный коэффициент рождаемости	2,15	1,7 Ниже на 0,45
Коэффициент старения населения	7%	13,1 На 6,1 выше

Результаты исследований опубликованы в коллективной монографии «Новая промышленная политика России в контексте обеспечения технологической независимости» (отв. ред. Е.Б. Ленчук). (ИЭ РАН)

Академик РАН Степин В.С. разработал новую концепцию преемственности в развитии научного знания и накопления элементов истины в ходе такого развития.

На сравнительном материале европейской и арабо-мусульманской традиции рассмотрено субъект-предикатное конструирование и его отношение к языку и метафизике, которое может осуществляться на основе альтернативных логик: логики субстанции и логики процесса.

Дано новое понимание Золотого правила как формулы индивидуально ответственного поведения личности, согласно которой взаимность отношений является выражением автономии воли (руководитель проекта ак. РАН Гусейнов А.А., рис. 43).

Проанализированы результаты пяти «волн» общенационального социологического мониторинга состояния и динамики российского общества в контексте новой реальности, обусловленной внешними и внутренними угрозами и рисками. Особое внимание уделялось экономическому и политическому поведению населения в кризисных условиях, устойчивости и изменчивости мировоззренческих ориентаций и жизненных приоритетов россиян. Дан экспертный анализ перспектив развития российского общества (рук. проекта академик РАН Горшков М.К. Опубликованы коллективные монографии «Российское общество и вызовы времени» – книга третья и книга четвертая, рис. 43). (ИС РАН)

На основе анализа актуальных проблем правового регулирования создания и деятельности корпоративных комплексов (интегрированных структур), а также динамики формирования соответствующей законодательной базы и

практики ее применения на примере структур ведущих отраслей промышленности разработаны рекомендации по организации процесса правового моделирования при формировании таких сложных образований, объединяющих, как правило, большое количество корпоративных субъектов предпринимательства с наукоемким производством и функционирующих в условиях конкурентной экономики. По результатам исследования опубликована монография Михайлова Н.И. «Правовое моделирование корпоративных комплексов (интегрированных структур)» (рис. 43). (ИГП РАН)

Проведен анализ геополитических рисков и психологической проблематики ядерного сдерживания в XXI веке (рук. проекта ак. Журавлев А.Л.). Представлены психологические феномены и механизмы, влияющие на стратегическую безопасность. Показано, что психологические аспекты ядерного сдерживания становятся не менее значимыми для обеспечения стратегической стабильности, чем собственно военно-техническое превосходство. Важным психологическим условием обеспечения ядерной безопасности является позитивный образ будущего, способность строить долгосрочные позитивные цели. В связи с этим значимым перспективным направлением психологических исследований становится возможность и необходимость формирования позитивного образа будущего в массовом сознании. По результатам исследования опубликована монография Журавлева А.Л., Нестика Т.А., Соснина В.А. «Социально-психологические аспекты геополитической стабильности и ядерного сдерживания в XXI веке» (рис. 43). (ИП РАН)

Разработаны среднесрочные прогнозы динамики региональных агросистем с учетом различий инновационного потенциала и предложенных пороговых индикаторов и критериев ресурсного обеспечения. На основе междисциплинарного подхода обоснованы стратегические приоритеты формирования производственного и социального потенциала и демографических ресурсов развития сельских территорий. (ИАГП РАН)

Проведен анализ методологических принципов и международных стандартов измерения НИОКР и инноваций, нормативно-правовых основ научной статистики в России, отражения научной деятельности в системе национальных счетов, проблем выбора метрик и методов измерения НИОКР. По итогам исследования опубликована монография академика РАН Осипова Г.В. и члена-корреспондента РАН Миндели Л.Э. «Наука и инновации: стандарты измерения, методология, международные сопоставления».

Разработаны «Критерии и индикаторы социально-ориентированной жилищной политики». Научная новизна работы заключается в усилении адресности предлагаемых мер жилищной политики, учете особенностей различных измерений и статистического анализа для сравнения различных схем расселения и потребительского поведения населения в сфере жилья и определении механизмов учета воздействия системы расселения на социальные, демографические, экономические и экологические компоненты качества населения и условия его проживания. Предложены меры по дальнейшему совершенствованию политики налогообложения недвижимости физических лиц. (ИСЭПН РАН)

**Сравнение старого и нового порядка определения размера
налога на имущество физических лиц**

№	Параметр налога	Старый порядок	Новый порядок
1	Льготы (категории лиц, освобожденные от уплаты)	Инвалиды, военнослужащие, пенсионеры и т.д.	Льготы сохранены в отношении одного объекта каждого вида для одного налогоплательщика (квартира, дом,хозпомещение, гараж)
2	Вид стоимости налоговой базы	Инвентаризационная	Кадастровая
3	Вычеты из налоговой базы	Нет	Для квартиры – 20 м ² Для жилого дома – 50 м ² Для комнаты – 10 м ²
4	Максимальная ставка (фактическая ставка устанавливается муниципалитетами)	По суммарной инвентаризационной стоимости: до 300 000 руб. – до 0,1% свыше 300 000 до – 500 000 руб. –0,1 до 0,3% свыше 500 000 руб. – от 0,3% до 1,5%	Жилье, хозпомещения, гаражи – 0,3% ⁶ Торговые объекты, офисы, объекты стоимостью более 300 млн руб. – 2% Остальные объекты – 0,5%

Сопоставимая ставка и средний новый размер налога на имущество

Объекты налогообложения	Сопоставимая ставка, %	Средний налог при сопоставимой ставке, руб./год	Максимальная ставка, %	Средний налог при максимальной ставке, руб./год
Жилые	0,18	452	0,3	739
Гаражи	0,23	674	0,3	867
Другие нежилые объекты	0,38	2 511	0,5 ⁷	3 332

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОТНОШЕНИЯ

В 2014–2016 гг. проявились новые тенденции в общественной, экономической и политической жизни, в области международной безопасности, которые создают условия для разрыва преемственности и поступательности глобального и регионального развития. В совокупности эти новые и во многом

⁶ Возможность увеличить ставку с 0,1 до 0,3% дана муниципальным образованиям в ходе рассмотрения законопроекта в Госдуме в связи с опасениями субъектов РФ, что при ставке 0,1% произойдет снижение поступлений в бюджет.

⁷ По другим нежилым объектам для офисов и торговых объектов максимальная ставка составляет 2%.

революционные тенденции в глобальном развитии приводят к динамичному переформатированию мироустройства в целом. Результатом такого рода глубинных изменений становится формирование новых принципов миропорядка, структуры его организации, норм и институтов его регулирования. Указанные процессы и тенденции являются основным объектом фундаментальных исследований в российских и зарубежных научных центрах.

В рамках анализа общих трендов мирового развития основные направления исследований институтов ОГПМО РАН охватывают такие области как:

- прогнозирование экономической динамики и структуры, политических процессов, тенденций в сфере безопасности, социальных отношений;
- исследование новых векторов глобализации мировой экономики и глобального управления;
- изучение проблем управляемости международно-политической глобализацией (ее целей, направлений, институтов, результативности);
- особенности участия основных стран и регионов мира в глобальных процессах.

Более детально экономическая проблематика мирового развития рассматривается в рамках следующих направлений:

- инструменты и результаты научной и инновационной политики,
- глобальные финансы: вызовы, тенденции, политика финансового развития, проблемы управления,
- прямые иностранные инвестиции: концепция и практика развивающихся и постсоциалистических стран,
- перестройка мирового рынка нефти: спрос, предложение и механизм ценообразования.

Исследования международных отношений включают в себя:

- выявление основной специфики эволюции существующего миропорядка и анализ проблем позиционирования России в формирующемся полицентричном мире;
- анализ опыта противодействия терроризму и распространению оружия массового уничтожения (ОМУ);
- новые задачи обеспечения интересов национальной и военной безопасности Российской Федерации.

На перспективу 2017–2020 гг. основными научными задачами институтов ОГПМО РАН является достижение прорывных научных результатов в фундаментальном и прикладном системном анализе новых трендов развития глобальной экономики, социальной сферы, международной политики и безопасности, а также их воздействия на социально-экономическое развитие, национальную безопасность России и ее роль в международных процессах.

В рамках направления «Глобальное развитие и национальные интересы России» приоритетными являются исследования по следующим темам:

- прогнозирование мирового развития: экономика, политика, социальные отношения;

- экономическая политика для экономического роста: теоретический анализ новых регуляторных механизмов в мировой экономике;
- национальные и глобальные инновационные системы;
- политическое устройство глобального мира: хаос и миропорядок, регулирование, легитимность и эффективность;
- новые тенденции в современной мировой политике: геополитические сдвиги, политические процессы и идеологические тренды;
- страны Запада и Россия в процессе изменения мирового порядка: новые ориентиры и ресурсы социально-политического развития;
- ключевые вопросы экономического развития, внешней политики и безопасности России: ситуационный анализ ключевых событий.

Важнейшие достижения

Разработан долгосрочный прогноз глобального развития до 2035 г., продолжающий серию прогностических исследований ИМЭМО. В работе сделан акцент на текущих динамических трендах, имеющих долгосрочное стратегическое воздействие на будущий облик мира. Ставится задача – определить, какие риски, угрозы и возможности несет этот период для России. Дан анализ крупных «блоков» (миров), из которых состоит современный мир в его многообразии – мира идеологии, политики, экономики, инноваций, социальных дисбалансов, международной безопасности. В работе применяется широкий спектр методов и инструментов прогнозирования, что продиктовано значительным диапазоном рассматриваемых процессов и явлений современного мирового развития. Сделан вывод, что предстоящие два десятилетия будут для России периодом поиска устойчивого места в меняющемся мире на основе сочетания двух факторов – собственной идентичности и глобальной ответственности. Подготовлен к изданию долгосрочный прогноз «Мир 2035. Глобальный прогноз». Отв. ред. А.А. Дынкин. М.: Магистр, 245 с. (рис. 44) (в печати). (ИМЭМО им. Е.М. Примакова РАН)

Определены основные тенденции, выявлены проблемы и дана оценка альтернатив социально-политического и этносоциокультурного развития стран Запада и России в контексте стремительно меняющегося в начале XXI века мироустройства. Определены перспективы эволюции партийно-политических систем стран Европейского союза, а также причины и возможные последствия усиления антиэлитных настроений, подъема популизма, феномен «нового национализма» в странах Западной Европы. Проанализированы основные направления политики идентичности. Сделан научно обоснованный прогноз о том, что в период 2017–2020 гг. социально-политическая и этносоциокультурная конфликтность в странах Запада и в России будет расти, причем ее пик, вероятнее всего, будет наблюдаться в начале 2020-х гг. Опубликованы сборник научных трудов «Прогнозирование социально-политических процессов и конфликтов в странах Запада и России». Редколлегия: В.И. Пантин (отв. ред.),

И.С. Семенов (отв. ред.), В.В. Лапкин, К.Г. Холодковский. М.: ИМЭМО РАН, 2016, 183 с. (рис. 44); статьи в ведущих научных журналах. (ИМЭМО РАН)

Проанализированы долгосрочные тенденции в развитии европейской интеграции в контексте взаимосвязанных кризисов, переживаемых Европейским Союзом. Исследованы основные документы и концепции дальнейшего развития ЕС в ключевых сферах. Рассмотрены концептуальные положения основных партий в странах ЕС по поводу расширения и углубления европейской интеграции. Проанализированы позиции стран-членов Европейского Союза в отношении политики «Восточного партнерства». Выполнен анализ сценариев и возможных форматов дальнейшего функционирования Евросоюза. Сделан вывод о вероятном гибком сочетании межправительственных и федералистских методов в развитии европейской интеграции. Опубликованы коллективная монография «Европейский Союз на перепутье: нерешенные проблемы и новые вызовы». Под ред. Н.К. Арбатовой, А.М. Кокеева. М.: ИМЭМО РАН, 2016, 234 с. (рис. 44); статьи в ведущих научных журналах. (ИМЭМО РАН)

Проведен анализ сдвигов в структуре мирового предложения нефти. Дана оценка институциональных, геологических и геополитических ограничений по глобальному распространению американского опыта «революции неконвенциональной нефти», а также перспектив развития нефтедобывающей промышленности в странах Центральной Азии. Проанализированы сдвиги в структуре мировой нефтепереработки. Выявлены сдвиги в структуре глобального спроса на нефть. Дана оценка влияния цены нефти на динамику фондовых индексов в странах-нефтеэкспортерах. Выявлено влияние ужесточения регулирования рынков производных финансовых инструментов на сырьевые товары на динамику и структуру участников этих рынков. Определены стратегии крупнейших мировых нефтяных компаний по адаптации к нарастающей неопределенности и рискам продвижения низкоуглеродной парадигмы развития. Подготовлена коллективная монография «Трансформация мирового рынка нефти». Под ред. С.В. Жукова. М.: ИМЭМО РАН, 2016, 300 с. (рис. 44); опубликованы статьи в ведущих научных журналах. (ИМЭМО РАН)

В очередном томе фундаментальной исторической серии, посвященном периоду с окончания китайской «культурной революции» до 60-летия КНР, впервые в отечественной научной литературе представлено комплексное, многоаспектное исследование развития страны в последние десятилетия – в сферах экономики, внутренней политики, партийно-государственного строительства, права, международной жизни, культуры. Важнейший для будущего КНР период начатых в 1970-х гг. реформ детально рассмотрен в контексте эволюции идеологии КПК и курса страны на построение развитого государства, идущего по пути «социализма с китайской спецификой». История Китая с древнейших времен до начала XXI века: В 10 т. гл. ред. акад. РАН С.Л. Тихвинский; Институт Дальнего Востока РАН. Т. IX: Реформы и модернизация (1976–2009) / отв. ред. А.В. Виноградов. М.: Наука, 2016, 996 с. ISBN 978-5-02-036530-8; ISBN 978-5-02-039212-0 (рис. 44). (ИДВ РАН)

В одном из первых в отечественной научной литературе специализированном сборнике проанализирован комплекс проблем, связанных с актуальной не только для ученых РФ, но и широкого международного экспертного сообщества темой – крупной трансграничной инициативой КНР по строительству Экономического пояса Шелкового пути. Коллектив ведущих ученых ИДВ РАН проанализировал истоки, мотивы, стратегические и тактические цели, методы реализации китайского мега-проекта. Серьезное внимание было уделено детерминированным последствиям для РФ, включая перспективы сопряжения китайской идеи с созданием Евразийского экономического союза, существующие на данном пути шансы и вызовы. Новый Шелковый путь и его значение для России / под ред. В.Е. Петровского (отв. ред.), А.Г. Ларина (сост.), Е.И. Сафроновой. М.: ДеЛи плюс, 2016, 234 с. (рис. 44), ISBN 978-5-905170-93-5. (ИДВ РАН)

В научном докладе «Выборы 2016 года в США и перспективы политики администрации Дональда Трампа» (рис. 44), выполненном под руководством академика С.М. Рогова, проанализированы итоги выборов 2016 года в США, в первую очередь президентских, рассмотрены причины победы республиканцев и поражения кандидата Демократической партии. Значительное место уделено итогам ноябрьских выборов в Конгресс, где также большинство в обеих палатах получили республиканцы. Изучены особенности избирательной системы США. Отдельный раздел посвящен перспективам развития российско-американских отношений в ближайшем будущем. Подчеркнута необходимость продумать возможности активизации российской позиции в отношении США по широкому кругу вопросов, чтобы выработать переговорную повестку дня, которую можно было бы утвердить на встрече в верхах. При этом следует учитывать импульсивный характер нового президента, а также его безмерные амбиции. Вместе с тем целесообразно снизить накал антиамериканской пропаганды в средствах массовой информации. М.: Издательство ИСК РАН, 2016, ISBN 978-5-89587-151-5. (ИСК РАН)

В коллективной монографии «Особенности экономического развития США: тенденции 2-ого десятилетия XXI века» (рис. 44) под редакцией д.э.н., профессора В.Б. Супяна представлен анализ новых явлений, происходящих в экономике США и в отдельных ее секторах в настоящее время. Сделан вывод о том, что, преодолев в основном глубокую экономическую рецессию 2008–2009 гг., США демонстрируют достаточно устойчивый по сравнению с другими развитыми странами экономический рост. Вместе с тем и экономика, и общество в целом встречаются с новыми вызовами, углублением старых и появлением новых диспропорций. Активно внедряются новые технологии, реализуются природоохранные программы. Есть основание считать, что большая ставка во внешнеэкономической стратегии США делается на создание трансокеанских партнерств, призванных еще больше укрепить мирохозяйственные позиции США. Издательство «Весь Мир», 2016, 96 с. ISBN 978-5-7777-06713. (ИСК РАН)

Сотрудниками экономического направления научных исследований ИСК РАН изучены ключевые направления бюджетного финансирования государственных мер в экономике США и социальной сфере, особенности формирования доходной и расходной частей федерального бюджета, динамика государственного долга и выплачиваемых по нему процентов. Сделан вывод о том, что период президентства Б. Обамы отмечен широкомасштабным использованием бюджетного механизма в государственном регулировании социально-экономических процессов. Выполнение бюджетных обязательств и реализация новых поставленных задач привели к росту государственного долга, остающегося в наследство новой администрации. «Федеральный бюджет США в период президентства Барака Обамы» / отв. ред. Л.Ф. Лебедева. М.: Издательство «Весь Мир», 2016, 96 с. (рис. 44), ISBN 978-5-7777-06713. (ИСК РАН)

В условиях смены модели мирового развития особую актуальность приобретает расширение числа новых перспективных внешнеэкономических партнеров РФ, включая африканские государства. Африка – перспективный объект для экономической экспансии РФ, крупнейший поставщик сельскохозяйственных и сырьевых товаров, необходимых, в т. ч., для развития высокотехнологичных производств. Российско-африканские отношения обладают значимым и растущим ресурсом продвижения России по пути достижения приоритетных национальных задач. Это касается расширения взаимодействия с африканцами на международной арене в условиях совпадения или близости позиций по формированию нового международного порядка, энергетической и продовольственной безопасности, другим ключевым проблемам, что увеличивает возможности для закрепления позиции России как влиятельного центра мировой политики. Вместе с тем активность старых и новых игроков усиливает конкуренцию на африканском политическом и экономическом пространстве, осложняя тем самым продвижение российских интересов на африканский континент. «Новые партнеры Африки: влияние на рост и развитие континента». Монография. Отв. ред. Т.Л. Дейч, Е.Н. Корендясов. М., 2016; L. Fituni, *et al.* «Governing Natural Resources for Africa's Development». Ed. by H. Besada. London: Routledge, 2016; Абрамова И.О., Фитуни Л.Л. «Африканская деловая инициатива» – практический шаг к активному взаимодействию России и Африки // Азия и Африка сегодня. № 5, 2016 (рис. 44). (ИАФР РАН)

Кризисные явления, явившиеся следствием противоречивости «арабской весны» и попыток использования международного терроризма как инструмента глобального управления, существенно затруднили начавшиеся в «нулевые годы» процессы модернизации в странах Ближнего Востока и Северной Африки. Противоречие между желанием получить здесь и сейчас европейский уровень благосостояния и неготовностью абсолютного большинства мусульманского населения принять неизбежные «издержки» либерального общества породили мощнейший когнитивный диссонанс на уровне целых цивилизационных ареалов, который стал первопричиной провала и ужасающих последствий большинства цветных революций и «арабских весен», включая ИГ. Феномен

ИГ в его нынешней форме террористической группировки-халифата есть не что иное, как экстремальное проявление указанного диссонанса, перенесенное в реалии не только восточных обществ, но и в мусульманские диаспоры Европы и Америки. «Ближний Восток и Северная Африка: процессы модернизации и международная безопасность». Монография. Отв. ред. А.М. Васильев, М., 2016.; Л.Л. Фитуни, И.О. Абрамова «Резервная армия ИГИЛ: ресурс и маневр // Азия и Африка сегодня. № 11, 2016 (рис. 44). (ИАФр РАН)

В монографии М.Н. Яковлевой представлена историческая траектория и этапы политической модернизации Португалии, даны портреты основных политических деятелей. Анализируется современная политическая система, рассматривается роль властных институтов и их взаимодействие на различных этапах. Особое внимание уделено политической конкуренции в XXI в., перипетиям парламентских и президентских выборов. Издание носит аналитический характер и предназначено для историков, политологов, законодателей, партийных деятелей, журналистов, для всех, кто интересуется национальными вариантами выстраивания политических систем после смены авторитарных режимов. «Португалия. История политической модернизации». Автор Н.М. Яковлева. М.: ИЛА РАН, 2016, с. 260 (рис. 44). (ИЛА РАН)

Монография «Детерминация развития Латино-Карибской Америки. Сопряжение глобальной и региональной проблематики» (рис. 44). В детерминации развития стран и регионов действуют факторы разного порядка. В данной работе предпринята попытка оценить сочленение глобальной и региональной проблематики в опыте развития Латино-Карибской Америки. В поле зрения находятся общая динамика мировой экономики, ее воздействие на экономическое положение латиноамериканских стран, значение экологического императива в том и другом случае, структурная трансформация, побуждаемая сменой технологической основы, и неравномерность развития и распределения благ развития в общемировом и региональном разрезе. «Детерминация развития Латино-Карибской Америки. Сопряжение глобальной и региональной проблематики» / Автор В.М. Давыдов. М.: ИЛА РАН, 2016, с. 72. (ИЛА РАН)

В серии **Доклады Института Европы** выпущено 12 изданий. Предметом индивидуальных и коллективных монографий стали судьбы гуманитарного прогресса, социальное и инновационное развитие Европы, мировая валютная система, Брекзит, политика и экономика Германии, регионы Большого Причерноморья и Балкан.

Избранные издания (рис. 44): «Судьбы гуманитарного прогресса» и «Большое Причерноморье: противоречия и стратегические решения для России».

В первой работе анализируется человеческое измерение экономического и научно-технического развития, его противоречивое влияние на отношения человека с природой, людей в обществе, народов и государств в глобализированном мире XXI в. Особое внимание уделено неравенству в распределении плодов материального прогресса, культурно-цивилизационным различиям в

его оценке и правовым гарантиям необратимости его достижений. Судьбы гуманитарного прогресса. Рубинский Ю.И. ДИЕ РАН № 325. М., 2016 г. ISBN 978-5-98163-070-5. (ИЕ РАН)

Вторая работа представляет собой комплексный анализ сложных процессов, оказывающих влияние на положение в Большом Причерноморье в условиях нарастающих проблем мировой экономики и политики, а также на фоне многообразных процессов глобализации. В рамках сравнительного анализа экономического и политического развития государств региона рассмотрены межгосударственные и межэтнические региональные конфликты, проблематика трансграничной преступности и терроризма. Большое Причерноморье: противоречия и стратегические решения для России. Под ред. А.А. Язьковой. ДИЕ РАН, № 324. М., 2016 г. ISBN 978-5-98163-069-9. (ИЕ РАН)

В обновленном издании (1-е изд. 2011 г.) учебника для вузов **«Европейская интеграция»** (рис. 44), подготовленного совместно с МГИМО(У) МИД РФ, системно освещено развитие интеграционных процессов в Европе с середины XX века до наших дней. Учебник показывает достижения Европейского союза и вызовы, с которыми сталкивается ЕС в настоящее время. Учебник знакомит также с деятельностью других интеграционных объединений в границах Европы, в частности, на постсоветском пространстве. Особое внимание уделено роли России в интеграционных процессах, взаимодействию России и ЕС. Рекомендовано для студентов, аспирантов и преподавателей вузов. Европейская интеграция: Учебник для вузов / Под ред. О.В. Буториной (отв. ред.), Н.Ю. Кавешникова. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство «Аспект Пресс», 2016. 736 с. ISSN 978-5-7567-0852-3. (ИЕ РАН)

На основе изучения ключевых параметров кооперационного взаимодействия стран Северной Пацифики (геополитический и социально-регулятивный факторы, факторы стартовых позиций и целевых ориентаций) выявлены основные причины, препятствующие успеху реализации идей регионализма в данном регионе мира. Показано, что эти страны, в силу принадлежности к разным географическим и этнокультурным пространствам, ориентируются на разные шаблоны регионализма (институционально-целевой, адаптивный, догоняющий, оборонительно-конкурентный), что априори делает здесь невозможным институциональное оформление идей регионализма. Песцов С.К. Компаративный регионализм: типология шаблонов регионального сотрудничества и интеграции // Россия и АТР. 2016. № 2. С. 5–16. (ИИЭАЭ ДВО РАН)

В рамках исследования трансформации коммунистических режимов в Евразии выявлено, что, несмотря на наличие сходных проблем в СССР и Китае во второй половине 1980-х годов (рост народных волнений, раскол правящей элиты, обветшавшая идеология), правящий режим в КНР, в отличие от советского руководства, смог сохранить и трансформировать существующую систему. Успех обеспечили три фактора: 1) дополнение идей социализма националистической идеологией («социализм с китайской спецификой»); 2) преодоление раскола и консолидация элит; 3) прорыв в мировую политическую и экономи-

ческую элиту вопреки попыткам США и ЕС принудить Китай следовать западным идеологическим нормам. Иванов С.А. Почему коммунистический режим в Китае смог пережить 1989 г.? // Россия и АТР. 2016. № 3. С. 49–65. (ИИЭАЭ ДВО РАН)

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Впервые проведены масштабные археологические раскопки на Кремлевском холме в Москве. Получены данные, позволяющие составить научную реконструкцию истории заселения восточной части Кремлевского холма и восстановить облик одного из древнейших монастырских комплексов Московской Руси – Чудова монастыря, создать достоверную модель сакральной топографии Москвы, прояснить палеоэкологические аспекты средневековой урбанизации. Материалы раскопок ликвидируют многие белые пятна истории российской государственности в самом ее центре. Важным аспектом работы является музеефикация ряда обнаруженных архитектурных объектов, делающих их доступными для обозрения. Уже к концу 2016 г. предполагается завершить устройство «археологических окон» на Ивановской площади Кремля.

Широкий общественный резонанс получила работа по подготовке «Трехмерной ландшафтно-архитектурной модели современного состояния Пальмиры». Учитывая неблагоприятные условия, в которых в последние годы находился этот выдающийся объект всемирного наследия ЮНЕСКО, фиксация его современного состояния представляется крайне актуальной. Суммарная площадь съемки достигает 20 кв. км. Сделано более 20 000 аэрофотоснимков высокого разрешения. Построена трехмерная модель памятника и высотная модель. Модели состоят из почти 700 000 000 точек. Создаваемые трехмерные архитектурные модели объектов позволяют реставраторам удаленно производить необходимые обмеры разрушенных памятников; модели станут основой для планирования работ архитекторов-реставраторов; станет возможным проектирование трехмерных виртуальных реконструкций перед началом непосредственных восстановительных работ.

Вопросы национальной политики являются для многоконфессиональной Российской Федерации одними из самых острых. По этому направлению академическая наука выполнила ряд проектов теоретического и прикладного характера. В 2016 г. – годовщину столетия Туркестанского восстания – анти-российскими кругами муссировался тезис об исторической ответственности России за действия царского правительства в 1916 г. В книге «Туркестан в имперской политике России: монография в документах» на широком круге документальных материалов выполнен анализ политики российской империи в Центральной Азии. Обрисованы ее причины и последствия, освещена история Туркестанского края в составе России.

Важным вкладом в теорию становления государств-наций и изучения их динамики в XX–XXI веках стала коллективная монография «Культурная сложность современных наций». Авторы анализируют кризисные черты эволюции классических наций-государств, рассматривают трудности национального развития в постколониальных странах.

Тема истории русского православия в последние годы стала актуальной для ученых-гуманитариев, что связано с расширением наших представлений об истоках и становлении русского национального сознания. Книга «Русское православное присутствие на христианском Востоке. X – нач. XX в.» открывает проект, цель которого – рассмотреть вклад России во всемирное духовное наследие православия.

В русле классических традиций русской филологической школы ведется работа по формированию источниковедческой базы отечественной словесности. Вводятся в научный оборот новые художественные тексты, документальные источники, освещающие литературный быт, выполняется большая текстологическая и комментаторская работа. В томе 105 серии «Литературное наследство»: «Автобиографические своды. Материал к биографии. Ракурс к дневнику. Регистрационные записи. Дневники 1930-х» – собрана большая часть «подготовительных» автобиографических материалов Андрея Белого. Все тексты печатаются по автографам (за исключением «Выдержек из дневника Андрея Белого за 1930–1931 гг.», публикующихся по машинописи, сделанной в ОГПУ). Тексты сопровождаются научными статьями, выверенным комментарием, именным указателем.

Работа по подготовке и выпуску словарей русского языка, языков народов России – одно из важных направлений в деятельности отечественных лингвистов. Фундаментальным начинанием в области словарной работы стал выход первых двух томов «Академического толкового словаря русского языка», строящегося на основе «Малого толкового словаря» (1981–1984 гг.) с внесением дополнений и изменений. Они касаются словника (его состав значительно расширен за счет включения в него лексики, отражающей современный уровень развития русского литературного языка), толкований слов, стилистических помет, в список которых внесены дополнительные единицы, а также уточнений ряда грамматических характеристик слова. Проведена большая работа по подбору текстовых иллюстраций, соответствующих нормам словоупотребления в современном русском литературном языке.

Завершено трехтомное издание – «Урало-Сибирский патерик», в основе которого исторические сочинения урало-сибирских староверов XVIII–XX вв., записи устных преданий, авторские тексты крестьянских писателей. Помимо тщательно подготовленных текстов, обширных комментариев и аналитических статей к изданию приложен дневник Тувинской экспедиции 1967 г., оразвивший биографии многих авторов и персонажей патерика.

Следует отметить две основные тенденции, формирующие современное историко-филологическое знание и определяющие перспективы будущих ака-

демических разработок в сфере гуманитарных наук. К ним относятся проекты прикладного характера, дающие квалифицированный ответ на важные запросы общества, и фундаментальные работы, выполненные в рамках классического гуманитарного исследования.

Важнейшие результаты

Впервые проведены масштабные археологические раскопки на Кремлевском холме в Москве (руководитель ак. РАН Н.А. Макаров). В результате комплексного исследования получены новые данные о размещении и степени сохранности архитектурных объектов на территории ранее существовавшего 14-го корпуса Московского Кремля, где до 1930 г. размещались Чудов и Вознесенский монастыри. Наряду с ранее не известными архитектурными объектами, выявленными при раскопках, исключительный интерес представляют отложения культурного слоя, начиная с домонгольской эпохи (XII в.) и заканчивая XVI–XVIII вв., когда вокруг соборов Чудова и Вознесенского монастырей формировались монастырские некрополи. Корпус уникальных археологических материалов (около 1000 вещевых находок, более 10000 образцов керамики, чертежи и фотографии архитектурных остатков) позволяют составить полноценную научную реконструкцию истории заселения восточной части Кремлевского холма и восстановить облик одного из древнейших монастырских комплексов Московской Руси – Чудова монастыря, создать модель сакральной топографии Москвы, прояснить палеоэкологические аспекты средневековой урбанизации (рис. 45). (ИА РАН)

В сентябре 2016 г. в ходе специальной экспедиции в Пальмиру (Сирийская арабская республика) проведен визуальный осмотр и документирование на основе аэрофотосъемки территории объекта всемирного наследия ЮНЕСКО «Археологические памятники Пальмиры». Суммарная площадь съемки достигает 20 кв. км. Сделано более 20 000 аэрофотоснимков высокого разрешения. Построена трехмерная модель памятника и высотная модель. Трехмерная ландшафтно-архитектурная модель современного состояния Пальмиры (рук. проекта Н.Ф. Соловьева) – уникальная база данных, объединяющая накопленный на настоящий момент массив знаний о планиграфии древнего города и основа для планирования дальнейшего научного исследования древней Пальмиры, подготовки реставрационных работ на памятнике, планирования мероприятий по сохранению культурного наследия в Пальмире (рис. 46). (ИИМК РАН)

Опубликован крупнейший памятник общественно-литературной мысли XVII столетия «Житие протопопа Аввакума» (в 2 кн., подг. текста, вступ. статья, перевод и коммент. Н.В. Поньрко, СПб., 2016). В основу издания положена последняя авторская редакция текста, дополненная в комментариях фрагментами, известными по его более ранним вариантам. Публикация снабжена историческим, историко-литературным и реальным комментарием. Составной частью издания является опыт неадаптированного перевода «Жития» на современный русский язык, что делает это выдающееся произведение доступным

широкому кругу читателей. Публикация сопровождается факсимильным воспроизведением автографа «Жития», находящегося в Древлехранилище Пушкинского Дома (рис. 47). (ИРЛИ РАН)

Проблеме развития государств-наций и изучению их динамики в XX–XXI вв. посвящена коллективная монография «Культурная сложность современных наций» (отв. ред. ак. РАН В.А. Тишков, Е.И. Филиппова). Концептуальное осмысление проблематики культурного многообразия современных обществ сочетается с богатым эмпирическим материалом. Исследуются кризис классических наций-государств, трудности постколониального нациестроительства, а также специфические формы обращения с культурным многообразием, свойственные обществам Востока. (ИЭА РАН)

В рамках многотомной историко-этнографической серии «Народы и культуры» (отв. ред. серии ак. РАН В.А. Тишков) вышло фундаментальное издание «Кыргызы» (отв. ред. А.А. Асанканов, О.И. Брусина, А.З. Жапаров. М., 2016). В книге раскрываются проблемы истории и этносоциального развития кыргызов, описываются традиционные занятия и хозяйственная деятельность, навыки природопользования, материальная культура, семейные и общественные отношения, обычаи и обряды семейного и календарного циклов, народные знания, творчество и верования, а также этнокультурные и социально-политические процессы, происходящие в новейшее время. (ИЭА РАН, Институт истории и культурного наследия НАН КР, Институт языка и литературы им. Ч.Т. Айтматова НАН КР, Институт философии и политико-правовых исследований НАН КР. и др.)

Началось издание фундаментального труда «История русского православного зарубежья». Указанный труд является первым академическим исследованием истории русского православного зарубежья с X в. до наших дней, посвященным изучению роли России в мировой истории и ее вкладу во всемирное духовное наследие. В первой книге «Русское православное присутствие на христианском Востоке. X – нач. XX в.» охвачена история русского православного присутствия на христианском Востоке (Ближний Восток и Греция) с X до начала XX в. (ИВИ РАН)

В книге «Туркестан в имперской политике России: монография в документах» (отв. ред. Т.В. Котюкова. М., 2016) рассмотрена история Туркестанского края в составе Российской империи. Представленные документы должны помочь проанализировать особенности российской политики в Центральной Азии, оценить ее причины и последствия. В публикацию включены архивные документы из архивохранилищ России (РГВИА, РГИА, ГИМ, РНБ), Узбекистана и Казахстана. (ИВИ РАН)

Введен в научный оборот и проанализирован «Урало-Сибирский патерик» (отв. ред. ак. РАН Н.Н. Покровский, подгот. ак. РАН Н.Н. Покровский, Н.Д. Зольникова, О.Д. Журавель. М., 2016) – единственное в народной старообрядческой традиции обширное сочинение, написанное в древнейшем патериковом жанре: жития святых одной местности или монастыря. В основе – исторические сочинения урало-сибирских староверов XVIII–XX вв., записи уст-

ных преданий, авторские тексты крестьянских писателей. В Приложении, кроме комментариев и аналитических статей, опубликован дневник тувинской экспедиции Н.Н. Покровского 1967 г., отразивший биографии многих авторов и персонажей патерика. (ИИ СО РАН)

Фундаментальным начинанием в области словарной работы стал выход первых двух томов «Академического толкового словаря русского языка» (отв. ред. Л. П. Крысин. М., 2016), строящегося на основе «Малого толкового словаря» (1981–1984 гг.) с внесением значительных дополнений и изменений. Они касаются словника (его состав значительно расширен за счет включения в него лексики, отражающей современный уровень развития русского литературного языка), толкований слов, стилистических помет, в список которых внесены дополнительные единицы, а также уточнений ряда грамматических характеристик слова. (ИРЯ РАН)

В серии «Литературное наследство» издан очередной том (105-ый) «Андрей Белый. Автобиографические своды. Материал к биографии. Ракурс к дневнику. Регистрационные записи. Дневники 1930-х» (подг. ак. РАН А.В. Лавров, Джон Малмстад, М.Л. Спивак. М., 2016), собравший воедино большую часть автобиографических материалов Андрея Белого, представляющих собой важные документы для литературоведов и историков XX века. Тексты сопровождаются фундаментальным научным аппаратом: вступительными статьями, тщательно выверенным комментарием, именованным указателем. (ИМЛИ РАН)

При изучении археологического комплекса ранней стадии верхнего палеолита из Денисовой пещеры в Горном Алтае (рук. ак. РАН А.П. Деревянко, чл.-к. РАН М.В. Шуньков) выявлен набор костяных орудий и украшений. Достаточно сложные и развитые способы их изготовления свидетельствуют о высоких технологических приемах и навыках носителей этой культуры – денисовцах, выделенных в новую популяцию ископаемого человека. (ИАЭТ СО РАН)

В результате исследований памятника Венгерово-2 (рук. ак. РАН В.И. Молодин) впервые предложена реконструкция организации жилого пространства поселения эпохи ранней-развитой бронзы Барабинской лесостепи. Планиграфические и стратиграфические исследования показали, что застройка происходила одновременно, предположительно по единому плану. Наличие фортификационных сооружений, по-видимому, было обусловлено активизацией миграционных процессов в эпоху раннего металла, не всегда носивших мирный характер. (ИАЭТ СО РАН)

В монографии А.А. Плотниковой «Славянские островные ареалы: архаика и инновации» (М., 2016) рассматриваются три традиции, имеющие типологические сходства как исторически изолированные от основного лингвокультурного массива, к которому они исконно принадлежат. Каждая из рассматриваемых традиций находится либо в иноязычном и иноэтничном (русские старообрядцы в румынской Добрудже; градищанские хорваты в Австрии), либо иноконфессиональном (боснийцы-мусульмане) окружении. Появление многочисленных заимствований в языке и народной духовной культуре из традиций стран,

на территории которых проживают славянские народы, также сопровождается рядом типологически сходных процессов и явлений. (ИСЛ РАН)

В монографии Е.З. Тарланова «Научное наследие академика Г.Г. Гамзатова. Эпохи и интерпретации» (Махачкала, 2016) анализируются общенаучные взгляды, подходы, методология и методы ученого, а также его вклад в филологическую науку и культуру Дагестана, Северного Кавказа и России. Идеи, наблюдения, гипотезы, результаты культурно-цивилизационных сопоставлений, сформулированные ученым на материале литератур, культур, языков дагестанских народов, рассматриваются на фоне и в контексте культур Запада и Востока, России и стран исламского мира. (ИЯЛИ ДНЦ РАН)

Предпринята попытка проанализировать корни насилия на Северном Кавказе во второй половине XIX – начале XX в., выявить роль объективных факторов (географические и этнопсихологические условия) и субъективных обстоятельств («кавказская» политика верховной власти, влияние норм и установлений «традиционного общества» и др.), детерминирующих нарастание/спады напряженности и определяющих уровень конфликтогенности в регионе (Гатагова Л.С. Северный Кавказ в эпоху поздней империи: природа насилия. 1860–1917. М., 2016). (ИРИ РАН)

Широкий спектр вопросов – от проблем реконструкции фрагментированных эпиграфических памятников древних майя до библиометрического анализа советской и постсоветской историографии коренного населения Америки – рассматривается в книге «Источники и историография по антропологии народов Америки» (отв. ред. М.Ю. Мартынова, Е.С. Питерская, Д.В. Воробьев). Показано текущее состояние американистики в России через представление результатов междисциплинарных исследований, связанных с историографией и источниковедением, музееведением и антропологией. (ИЭА РАН)

Первая книга первого тома «Истории литературы Германии XX века» (отв. ред. В.Д. Седельник, Т.В. Кудрявцева. М., 2016) посвящена литературе рубежа XIX–XX вв. Особое внимание уделяется становлению так называемого классического модерна, который рассматривается в качестве магистральной линии развития литературного процесса этого периода. Исследуется проблемно-тематическое и стилевое своеобразие течений и направлений, определявших картину литературного развития Германии на рубеже XIX–XX вв. (натурализм, импрессионизм, неоромантизм и т.д.). (ИМЛИ РАН)

Впервые реконструирована история города Верхнеудинска (совр. Улан-Удэ), проанализирован процесс его трансформации от зимовья до форпоста Российской империи на ее восточных рубежах. Показана роль города в организации торгового пространства трансграничья России и Монголии в дореволюционный период и его значение в формировании бурятской нации в советское время. Эволюция города демонстрирует поступательность российской истории и встроенность региональных процессов в глобальные исторические тренды («Улан-Удэ-350: история и современность» в 2 т. / отв. ред. ак. РАН Б.В. Базаров. Иркутск, 2016). (ИМБТ СО РАН)

Материалы издания «Вавилов Сергей Иванович. Дневники. Кн. 1: 1909–1916 // Российская академия наук. Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Архив» (М., 2016) являются уникальными документами исторического значения, повествующими о внутреннем мире этого выдающегося мыслителя, крупного ученого и организатора отечественной науки. (РАН)

Впервые издана хроника «Тухфат ан-Нафис (Драгоценный дар). Памятники мусульманской историографии Джохора», принадлежащей перу бугийского аристократа и малайского интеллектуала Раджи Али Хаджи (1809–1872), которая по праву считается венцом джохорской мусульманской историографии XIX века. В ней содержится обширная информация о правителях и династийных браках, об обычаях и ритуалах, о сражениях и пиратах, о мореплавании и торговле, о купцах и улемах, о расцвете и упадке государств, отражены важнейшие философские и религиозные воззрения того времени: концепции единобожия и посмертного воздаяния, представления о справедливости и морали, истории и науке. (ИВ РАН)

Книга Т.А. Базаровой «Русские дипломаты при османском дворе: статейные списки П.П. Шафирова и М.Б. Шереметева 1711 и 1712 гг. (Исследование и тексты)» (СПб., 2016) вводит в научный оборот главные отчетные документы чрезвычайных и полномочных послов в Стамбуле. Публикация документов предваряется исследованием, посвященным русско-турецким мирным переговорам, а также быту и повседневной жизни петровских послов в столице Османской империи. (СПБНИИ РАН)

Подготовлены и размещены на сайте Музея истории и культуры народов Сибири и Дальнего Востока (<http://museumiaet.ru>) электронные каталоги (подгот. И.В. Сальникова, И.М. Рудая, К.О. Жеребцова, О.В. Мальцева): «Пазырыкская культура Горного Алтая» (909 предметов), «Коллекция медного православного литья» (56 предметов), «Предметы прядения и ткачества восточнославянского населения Сибири» (54 предмета), «Коллекция полотенец, сборы Русаковой Л.М.» (102 предмета); «Народы Дальнего Востока: ульчи, нанайцы» (590 предметов). Выполнено научное описание и фотофиксация всех предметов, создана учетная база данных, представлены вводные статьи об авторах коллекции, местах и времени комплектования. (ИАЭТ СО РАН)

Опубликован полный корпус журналов открытых, закрытых и секретных заседаний Совета министров Российского правительства, созданного в Омске после государственного переворота 17–18 ноября 1918 г. Журналы заседаний максимально полно и точно характеризуют компетенцию и структуру Совета министров, раскрывают основные принципы его внутренней и внешней политики, главные направления и результаты деятельности, позволяют составить объективное представление о роли и месте Российского правительства в истории гражданской войны в России / сб. док. «Совет министров Российского правительства: журналы заседаний. 18 ноября 1918 – 3 января 1920 г.» (сост., науч. ред. В.И. Шишкин. Новосибирск, 2016). (ИИ СО РАН)

В серии «Памятники фольклора народов Сибири и Дальнего Востока» опубликован 34-й том «Несказочная проза хакасов» (отв. ред. Е.Н. Кузьмина. Новосибирск, 2016). Представлены фольклорные тексты на диалектах хакасского языка: сагайском, качинском, кызыльском и шорском. Выполнен научно-фольклористический перевод хакасских текстов на русский язык, отражающий жанрово-поэтическую специфику несказочной прозы хакасов. (ИФЛ СО РАН)

В социолингвистической энциклопедии «Язык и общество» (отв. ред. В.Ю. Михальченко. М., 2016) представлены теория социолингвистики, понятийный аппарат социолингвистики, социолингвистические портреты языков, описание языковых ситуаций. Социолингвистические портреты языков России и анализ языковых ситуаций, сложившихся в разных регионах страны, выполнены по единой схеме, что обеспечивает сводимость материала, делает возможным сопоставительный анализ, выделение функциональных доминант. При исследовании языков показаны их интегрирующие функции, как внутри языковой общности, так и внутри более крупных социальных объединений (государств, регионов). (ИЯз РАН)

«Языки мира» том «Языки манде» (ред. В.Ф. Выдрин, Ю.В. Мазурова, А.А. Кибрик, Е.Б. Маркус. СПб., 2016) содержит описание языков семьи манде, распространенных в Западной субсахарской Африке. Многие языки описаны впервые на основе материалов, собранных авторами в экспедициях. Статьи написаны в соответствии с единой типологически ориентированной схемой, которая применяется во всех томах издания «Языки мира» и обеспечивает сопоставимость характеристик различных языков. (ИЯз РАН)

Энциклопедическое издание И.Ю. Винокуровой «Мифология вепсов» (Петрозаводск, 2016) рассматривает мифологию вепсов как картину мира, систему традиционного миропонимания, язык традиционной культуры во многих аспектах (история изучения, генезис и историческое развитие, локальные разновидности). Представлен толковый словарь (369 мифологических терминов). Свод знаний по вепской мифологии включает также общую характеристику истории и культуры вепсов, историографический обзор, очерк об основных звеньях вепской мифологической системы. (ИЯЛИ КарНЦ РАН)

Подготовка академических полных собраний сочинений классиков отечественной литературы является одним из приоритетных направлений деятельности отечественных литературоведов. Опубликовано: А.С. Пушкин. Полное собрание сочинений: В 20 т. Том 2, кн. 2: Стихотворения. Книга вторая (Юг. 1820–1824); А.К. Толстой. Полн. собр. соч. в 5 т., Т. 1; К.Н. Леонтьев. Полн. собр. соч. и писем в 12 т., Т. 10, кн. 1; М. Горький. Полное собрание сочинений. Письма в 24 т., Т. 18. Письма июнь 1928 – март 1929; А.М. Ремизов. Русалия. Собрание сочинений, Т. 12; В.В. Маяковский. Полное собрание произведений в 20 т., Т. 4. Стихотворения. Вторая половина 1928–1930. Издан «Свод русского фольклора. Былины. Былины Пудогои», Т. 18, кн. 2. (ИМЛИ РАН, ИРЛИ РАН)

Продолжалась работа по составлению фундаментальных академических словарей русского языка, языков народов Российской Федерации, зарубежных

стран. Вышли из печати: тома «Академического толкового словаря русского языка», Т. 1, Т. 2; «Большой академический словарь русского языка», Т. 24; ак. РАН А.Е. Аникин «Русский этимологический словарь», вып. 10; «Словарь русских народных говоров», вып. 49; «Этимологический словарь славянских языков (праславянский лексический фонд)», вып. 40; «Словарь древнерусского языка (XI–XIV вв.)», Т. XI; «Большой словарь церковнославянского языка нового времени», Т. 1; «Древнетюркский словарь»; «Академический словарь башкирского языка» в 10 тт. Т. VIII; «Большой толковый словарь якутского языка». Т. XIII; Э.Т. Гутиева «Осетинско-русский словарь». Часть. 1; Т.П. Бойко «Большой карельско-русский словарь (ливвиковское наречие)». (ИРЯ РАН, ИЛИ РАН, ИФЛ СО РАН, ИЯз РАН, ИИЯЛ УНЦ РАН, ИГиИПМНС СО РАН, СОИГСИ ВНЦ РАН, ИЯЛИ КарНЦ РАН)

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Фундаментальная сельскохозяйственная наука составляет основу долгосрочного устойчивого экономического роста сельскохозяйственного производства с целью обеспечения продовольственной безопасности страны.

Фундаментальные научные исследования в комплексе с прикладными исследованиями, направленными на разработку научно-технической продукции, предназначенной для освоения в агропромышленном производстве в 2016 году, проводились в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы 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; механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства; хранение и переработка сельскохозяйственной продукции.

Анализ показал, что по ряду направлений фундаментальной сельскохозяйственной науки исследования, проводимые российскими учеными, находятся на мировом уровне. Это фундаментальные и прикладные исследования, направленные на создание новых сортов сельскохозяйственных культур, пород животных и птицы, разработки 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 наибольшую актуальность для эффективного развития агропромышленного комплекса Российской Федерации имеет изучение интеграционных процессов в мировой экономике и разработка современной экономической теории и принципов развития агропромышленного комплекса страны в условиях глобализации мирового сообщества, исследования проблем трансформации земельных отношений и управления земельными ресурсами сельскохоз-

ственного назначения, разработка механизмов формирования новой социальной парадигмы устойчивого развития сельских территорий.

Результаты исследований, проведенных в 2016 г., позволили разработать научную продукцию, к важнейшей из которой относятся:

- концепция формирования и развития рынка научно-технической продукции агропромышленного комплекса государств-членов Евразийского экономического союза;
- методология определения приоритетных направлений инновационного развития сельскохозяйственного производства до 2030 года и механизмы по их реализации с учетом функционирования в ЕАЭС;
- механизм развития общего аграрного рынка государств ЕАЭС;
- усовершенствованная методология развития межгосударственной кооперации и интеграции в странах ЕАЭС и модели их развития как внутри государств, так и на уровне ЕАЭС;
- методика определения ценности сельскохозяйственных угодий, позволяющая определять качественную характеристику сельскохозяйственных угодий с использованием устойчивых во времени критериев-кластеров продуктивных земель;
- методика оптимизации сельскохозяйственного землепользования, позволяющая определить максимальную отдачу земли при оптимальном вложении капитала в производство отдельной культуры.

К разработкам мирового уровня относятся:

- научные основы формирования экономического механизма России и государств-членов ЕАЭС в целях обеспечения продовольственной безопасности;
- основные направления аграрной политики стран БРИКС во взаимодействии с национальными интересами в условиях необходимости импортозамещения на продовольственном рынке.

По направлению земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства наибольший интерес представляют проблемы сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов, естественной и антропогенной трансформации почв в различных природно-климатических зонах России, интеграции микроорганизмов и растений с целью создания эффективных растительно-микробных систем, проблемы создания и эксплуатации оросительных и осушительных систем нового поколения, а также создания агролесомелиоративных и лесохозяйственных комплексов в условиях трансгенеза и глобальных изменений климата.

Полученные по результатам проведения фундаментальных исследований теория, методы и методики систем воспроизводства плодородия почв для товаропроизводителей различной специализации; теоретические основы применения различных способов обработки почвы и комплексного использования средств химизации позволили разработать:

- новые автоматизированные методы инокуляции семян бобовых растений клубеньковыми бактериями, обеспечивающие высокую эффективность и

технологичность применения микробных препаратов в условиях адаптивного земледелия;

– стратегию научно-технологического использования радиационных технологий в сельском хозяйстве, направленную на повышение продовольственной безопасности Российской Федерации;

– стратегию применения ферроцинсодержащих препаратов для производства молока на радиоактивно загрязненных территориях Брянской области, соответствующего санитарно-гигиеническим нормативам в сельскохозяйственных предприятиях;

– научные основы воспроизводства плодородия деградированных осушаемых почв с использованием высокоэффективных приемов и средств биологической мелиорации;

– научные основы технологии биоконверсии органического сырья в новые высокоэффективные экологически чистые органические и гуминовые удобрения, полифункциональные жидко- и твердофазные биопрепараты и биостимуляторы;

– систему внутрпочвенного орошения склоновых земель (до 45 градусов) в сложных горных условиях аридных территорий Республики Дагестан;

– технологию возделывания сои на склоновых землях, позволяющую получать урожайность зерна 2,5–3,0 т/га, предотвратить эрозию почвы;

– технологию возделывания риса в Нижнем Поволжье при орошении на капельном поливе, обеспечивающую урожайность 5–7 т/га зерна и снижение затрат в 2,5–5 раз.

К разработкам мирового уровня относятся:

– система конструирования эффективных штаммов и сообществ сельскохозяйственно-полезных микроорганизмов, обеспечивающих симбиотрофное развитие растений и повышение плодородия почв для экологически устойчивого земледелия и растениеводства;

– ландшафтно-мелиоративные системы земледелия, включающие агротехнические и агро-мелиоративные мероприятия по повышению экологической емкости и устойчивости мелиорированных агроландшафтов, обеспечивающих повышение эффективности использования земли на 15–20%.

По направлению растениеводства, защиты и биотехнологии растений по результатам исследований, проведенных в 2016 г., с использованием научного задела исследований прошлых лет разработаны:

– эффективные биоинженерные технологии получения новых форм растений;

– технологии ДНК маркирования для выделения доноров устойчивости к повреждающим абиотическим и биотическим факторам окружающей среды;

– модели эффективного управления продукционным процессом агроэкосистем и агроландшафтов;

– методы идентификации трудноопределяемых и не определяемых традиционными методами вирусных, фитоплазменных, бактериальных и грибных фитопатогенов;

- методы экотоксикологического мониторинга загрязнения пестицидами агроландшафтов и агроценозов;
- национальная стратегия и новые методы сохранения мировых растительных ресурсов в составе коллекций и природных популяций;
- доноры ценных генов и полигенов, используемые для повышения эффективности селекции.

Созданы:

- сорт озимой мягкой пшеницы *Солярис* с потенциалом урожайности по предшественнику черный пар свыше 10 т/га. Характеризуется высокой устойчивостью к поражению листовыми болезнями (ВНИИЗК им. И.Г. Калининко);
- сорт озимой мягкой пшеницы *Вольный Дон* универсального типа, сочетает высокую урожайность с повышенным уровнем засухоустойчивости и морозостойкости. Потенциал урожайности выше 9 т/га. Обладает высокой устойчивостью к полеганию, бурой ржавчине и пыльной головне (ВНИИЗК им. И.Г. Калининко);
- сорт озимой мягкой пшеницы *Ахмад*, среднеспелый, устойчив к полеганию. Потенциальная продуктивность 10 т/га, содержание белка 13–14%, клейковины 25%. Засухоустойчив, зимоморозостойкий (КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко);
- сорт озимой мягкой пшеницы *Фигель*, высокоустойчив к полеганию, засухоустойчив. Потенциал продуктивности 13 т/га. По качеству зерна соответствует ценной пшенице (КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко);
- сорт озимой мягкой пшеницы *Еланчик*, короткостебельный, высокоустойчив к полеганию. Засухоустойчив, высокоморозостойкий. Потенциал продуктивности свыше 11 т/га. Формирует крупное зерно хорошего качества (белок – 13,0%, клейковина – 22,5%). Устойчив к бурой и желтой ржавчине, мучнистый росе (КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко);
- сорт озимой твердой пшеницы *Добряна*, полугарликовый, устойчив к полеганию и осыпанию, среднеспелый. Урожайность 8 т/га, хорошие показатели качества зерна, позволяющие использовать его для изготовления высококачественных макаронных и крупяных изделий (КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко);
- сорт озимой шарозерной пшеницы *Ордынка*, формирует зерно высокого качества (белок – 16,6%, клейковина – 32,7%). Устойчив к бурой ржавчине (КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко);
- сорт озимой ржи *Зилант* с урожайностью 4,5 т/га. Характеризуется высокой пластичностью и устойчивостью к воздействию стрессовых факторов среды. Зерно с высокими хлебопекарными качествами (ТАТНИИСХ);
- сорт яровой голозерной пшеницы *Янтара*, урожайность – 7 т/га. Зерно имеет желтый цвет, высокую стекловидность (90%) и высокое содержание белка (17,9%) (КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко);
- сорт ярового ячменя *Триумф* с урожайностью около 7 т/га (КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко);
- сорт озимого ячменя *Вася* устойчив к полеганию и болезням, с урожайностью 9,5 т/га (КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко);

– сорт озимого зернового *тритикале Гусар* с урожайностью свыше 12 т/га, засухоустойчив, морозозимостойкий, устойчив ко многим болезням (содержание белка – 14,2%, крахмала – 64,3%). Возможно использование зерна при хлебопечении, кондитерском и комбикормовом производствах (Донской ЗНИИСХ);

– гибрид кукурузы *Краснодарский 210 МВ*, среднеранний. Урожайность зерна 10 т/га (КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко);

– гибрид кукурузы *Воронежский 220СВ*, среднеранний. Урожайность 9 т/га зерна, холодостойкий, засухоустойчив, устойчив к полеганию, поражению пучковой и пыльной головней (ВНИИ кукурузы);

– сорт риса *Наутилус*, среднеспелый, потенциальная урожайность 11 т/га, с повышенной устойчивостью к пирикулярриозу (ВНИИ риса);

– сорт подсолнечника *Платоныч*, раннеспелый, высокоурожайный (3,21 т/га), отличается высокой масличностью (54,0–56,0%), устойчив к болезням (ВНИИМК);

– сорт сои *Пума* с урожайностью до 3 т/га. Высокосортный с повышенной засухоустойчивостью. Предназначен для выращивания на зерно в Северо-Кавказском, Центрально-Черноземном и Нижневолжском регионе (ВНИИМК);

– гибрид сахарной свеклы *РМС-133*, диплоидный на стерильной основе, урожайность 42,6 т/га, сахаристость – 15,48%, сбор сахара – 6,5 т/га (ВНИИСС);

– гибрид сахарной свеклы *Первомайский*, однострочковый диплоидный, урожайность – 52,1 т/га, сахаристость – 16,5%, сбор сахара – 8,6 т/га (Первомайская СОССС);

– сорт картофеля *Солнцесвет*, среднеспелый, столового назначения, урожайность до 45 т/га. Отличается полевой устойчивостью к вирусам и грибным болезням (Приморская ООС);

– сорт картофеля *Синеглазка 2016*, среднеспелый, столового назначения с урожайностью до 46 т/га (ВНИИКХ).

Все сорта соответствуют мировому уровню по критериям продуктивности и качества продукции.

По направлению **зоотехнии и ветеринарии** решалась важнейшая для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации научно-техническая задача создания новых селекционных форм в животноводстве; усовершенствованию 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 2016 г., позволили создать:

– тип молочных коз *«Марийский»* в зааненской породе, животные, которые превосходят минимальные требования к козам зааненской породы по удою на

25,0%, содержанию жира в молоке – на 18,1%, высокой энергии роста молодняка: к 7–8-месячному возрасту – 39 кг у козликов и 36 кг у козочек. Получен патент на селекционное достижение № 8491;

– породе овец «*Российский мясной меринос*», выведенную на основе тонкорунных пород: советский меринос, маньчжурский меринос, ставропольская путем их скрещивания с баранами австралийский мясной меринос. Порода мясошерстного направления продуктивности, характеризуется крепкой конституцией, пониженной складчатостью, комолостью баранов и маток, густой и тонкой шерстью от 17 до 22 мкм и средним настригом 3,3 кг в чистом волокне. Подана заявка на селекционное достижение № 8354972;

– алтае-уссурийская порода пятнистых оленей. Средняя пантовая продуктивность оленей этой породы на рогача составляет 1,18 кг, на перворожку – 0,24 кг, средний выход молодняка 66,0%, что выше пантовой продуктивности аборигенного поголовья на 25,0–41,0%, по выходу молодняка на 40,0%. Подана заявка на селекционное достижение № 8354891;

– тип маралов «*Шебалинский*» алтае-саянской породы. Пантовая продуктивность рогачей шебалинского типа 7,9 кг (отдельные особи свыше 15,0 кг), выход молодняка более 87,5%. Подана заявка на селекционное достижение № 67226/8456466;

– тип маралов «*Теньгинский*» алтае-саянской породы. Пантовая продуктивность маралов теньгинского типа 9,1 кг (отдельные особи свыше 20,0 кг), выход молодняка не менее 75,0%, это на 25,0–30,0% больше по сравнению с мараловодческими предприятиями РФ и на 11,0–39,4% внутри алтае-саянской породы. Подана заявка на селекционное достижение № 67375/8456540;

– тип северных оленей «*Возрождение*» чукотской породы. Производственные показатели, характеризующие новый тип, достоверно выше чукотской породы, по сохранности взрослого поголовья на 9,8%, деловому выходу телят на 18%, производству мяса на 89%. Живая масса половозрастных групп оленей «Возрождение» превосходит контрольные аналоги на 6,9–22%. Подана заявка на селекционное достижение № 8354882.

Разработаны:

– технология сжигания трупов крупных, мелких животных и птиц в траншеях с принудительной подачей воздуха. Подана заявка на изобретение: «Способ уничтожения сжиганием инфицированных биологических отходов, в том числе трупов животных» № 2016138683;

– метод диагностики анаплазмоза крупного рогатого скота и оценки уровня паразитемии на основе ПЦР в реальном времени. Получен патент РФ на изобретение № 2603254;

– тест-система для выявления антигена вируса бешенства методом иммунохроматографического анализа (ИХА), позволяющая в течение короткого времени диагностировать бешенство и иммунодефицитные состояния животных, тем самым своевременно предотвращать болезни. Заявка на изобретение № 2015147814;

– тест-система для выявления ДНК вируса оспы свиней, основанная на проведении ПЦР в режиме реального времени, позволяющая выявить ДНК вируса оспы свиней в пробах везикул с кожи больных животных и инфицированных культурах клеток;

– методика геномной оценки голштинизированного черно-пестрого скота, позволяющая осуществлять селекцию крупного рогатого скота при нехватке особей мужского пола. Получен патент РФ № 2583301;

– антипролиферативное средство, предназначенное для создания эффективных противораковых препаратов биологического происхождения. Заявки на изобретение №№ 2016125190, 2016127419;

– лекарственный препарат – 5% эмульсия D-цифенотрина, для обработки овец, крупного рогатого скота, свиней, кроликов и собак при арахноэнтомозах, а также для дезинсекции и деакаризации животноводческих помещений и других объектов ветеринарного надзора.

К разработкам мирового уровня относятся:

– алтайская мясная порода свиней, предназначена для получения высококачественной свинины. Создана с использованием пород крупной белой, ланд-раса и хряков породы максгро. Отличительной особенностью животных новой породы является высокая скорость роста в течение всего периода выращивания, низкая осаленность молодняка при массе 120–130 кг, хорошая выраженность окороков;

– алтайская белая пуховая порода коз. Создана на основе использования генетического потенциала козлов пород советской шерстной и придонской белой на козomatках горноалтайской пуховой породы в среднегорной зоне Республики Алтай. Животные отличаются высокой пуховой продуктивностью. Начес пуха у козочек в годовом возрасте составляет 440 г при длине пуха 8,15 см, живая масса (осенняя) – 33,0 кг; в возрасте 3 года и старше – 735 г, 9,3 см и 42,0 кг.

По направлению *механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства* важное значение имеют работы по исследованию процессов энергообеспечения, энергоресурсосбережения и возобновляемых источников энергии. Проблем и принципов разработки интенсивных машинных технологий и энергонасыщенной техники.

Результаты фундаментальных исследований по этим проблемам позволили получить следующую научную продукцию:

– методика формирования технических средств для внесения твердых минеральных удобрений, обеспечивающая снижение эксплуатационных затрат на 10–15% при повышении производительности труда на 15%. Получен патент № 166206;

– методика мелкодисперсного распыла частиц микроудобрений при их электростатической обработке и конструкторская документация на новые технические средства, обеспечивающие снижение расхода гербицидов, пестицидов, инсектицидов, микроудобрений до 20%;

– система инновационных машинных технологий и техники нового поколения для производства основных групп продовольствия в сельскохозяйственном производстве, обеспечивающая повышение производительности за счет внедрения новых машин до 1,8 раза при сокращении затрат ручного труда в 1,5 раза;

– региональные системы энергообеспечения сельских районов, обеспечивающие снижение материальных, трудовых и энергетических затрат до 30%;

– ресурсосберегающие экологически безопасные системы утилизации навоза, исключают негативное воздействие на окружающую среду от неполного использования навоза и выбросов в атмосферу CO₂;

– методология подбора технических средств для внесения жидких гуминовых и комплексных удобрений и установка для производства гуминовых удобрений «Фермерская» с производительностью 75 л/ч. Получен патент № 161518;

– ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур с элементами управления производственным процессом посевов в лесостепной зоне Западной Сибири, обеспечивающие увеличение урожайности до 20% и снижение общих затрат на 15%;

– технологические процессы и оборудование для упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин, обеспечивающие повышение их ресурса в 2 раза.

К разработкам мирового уровня относятся:

– экспресс-способ инструментального определения массовой доли олеиновой кислоты и кислотного числа масла из семян подсолнечника на основе импульсного метода ядерного магнитного резонанса;

– технология переработки отходов животноводческих ферм и молокозаводов гидротермальным окислением, обеспечивающая уничтожение высокотоксичных отходов исходной смеси в экологически безопасные компоненты до 99%.

По направлению *хранения и переработки сельскохозяйственной продукции* приоритетное значение приобрели работы развития основ трансформации биологических объектов сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки, решения проблем интеграционного контроля за производством сельскохозяйственного сырья и продуктов питания, разработки технологических процессов производства пищевых композиций, белковых концентратов и биологически активных добавок функциональной направленности, основ управления процессами хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов.

Фундаментальные исследования, проведенные в 2016 году с использованием наработок предыдущих лет, позволили разработать:

– методику идентификации мясного сырья в составе готовой мясной продукции на основе закономерности формирования функционально-технологических свойств мясного сырья и протеомных изменений белков мышечной ткани мяса под воздействием биохимических и технологических факторов;

– технологический процесс получения эмульсионных пастообразных молочных продуктов сбалансированного состава лечебно-профилактической направленности;

– биотехнологические основы направленной микробной и биокаталитической конверсии полимеров зернового сырья в этанол осмофильными расами дрожжей и ферментными системами целевого назначения в ресурсосберегающей технологии спирта, обеспечивающей интенсивный процесс сбраживания концентрированных сред с пониженным образованием побочных продуктов и направленным синтезом этанола;

– технологический режим микробной конверсии отходов свеклосахарного производства для получения мелиоративного материала с высокими почвоулучшающими свойствами;

– технологию глазированных кондитерских изделий, обеспечивающую снижение возвратных отходов на 20%, ресурсосбережение и интенсификацию процесса производства;

– методики определения в мясе и мясных продуктах остаточного количества консервантов, органических кислот, нитрозоаминов хроматографическими методами, с целью выявления фальсификации животных белков для прогнозирования технологической адекватности, качества и безопасности мясной продукции;

– методику оценки хранимоспособности молочной продукции на основе современных, высокоэффективных методов анализа, внедрение которой позволит интенсифицировать технологический процесс производства и вырабатывать продукты гарантированного качества с прогнозируемыми сроками годности;

– биотехнологию бактериального концентрата с новым пробиотическим штаммом *Lactobacillus reuteri* и *Lactobacillus helveticus* и закваски прямого внесения для производства молочных продуктов нового поколения;

– научные основы ферментативной конверсии плодово-ягодного сырья с целью получения продуктов с повышенным содержанием биологически ценных природных компонентов;

– технологию производства сливочного масла для детского питания, соответствующую современным требованиям здорового питания, отличающуюся от традиционной использованием современного маслодельного оборудования и исключением из процесса отдельных технологических операций за счет многофункциональности оборудования;

– технологию сдобных хлебобулочных изделий, обеспечивающую сохранение качества и микробиологической устойчивости в течение 30 дней. Подана заявка на получение патента.

К разработкам мирового уровня относятся:

– инновационные технологии национальных молочных продуктов – творога, сметаны, йогурта, разработанные на основе использования процессов модификации молочного белка ферментом трансглутаминазой, позволяющие обеспечить повышенное качество и улучшение стабильности консистенции кисломолочных продуктов в процессе длительного хранения;

– новые межгосударственные стандарты на пищевые продукты и методы их контроля, упаковку, маркировку, транспортирование и хранение, отраслевая нормативно-техническая документация (ТУ), выполненные с учетом требований Технических регламентов Таможенного союза, международных документов, требований промышленности и новых положений в Государственной системе стандартизации Российской Федерации;

– биотехнологический способ снижения аллергенности мясного сырья путем ферментативного и микробиологического воздействия, направленного на биотрансформацию основного белка-аллергена – сывороточного альбумина и технология продуктов на мясной основе, снижающая риск возникновения пищевой аллергии у детей.

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-инженерные 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 2016 г. с учетом научного задела прошлых лет создать 266 сортов сельскохозяйственных культур, по урожайности и качеству продукции не уступающих мировым аналогам; 4 породы и 4 внутривидовых типа животных; разработать 247 новых и усовершенствованных технологий и технологических процессов производства сельскохозяйственного сырья; 274 технологических способов и приемов производства сельскохозяйственной продукции; 149 единиц машин, приборов и оборудования; 36 вакцин, диагностикумов, препаратов и дезинфицирующих средств; 27 препаратов защиты растений. Разработано и передано для освоения промышленностью 137 наименований новых продуктов питания общего и специального назначения, пищевых добавок и концентратов продуктов. Разработано новых и усовершенствовано существующих 195 методов и методик, 600 комплектов нормативной документации. Получено 710 патентов на изобретения и селекционные достижения.

По материалам исследований издано 585 книг и монографий, опубликовано 14,5 тыс. статей, в том числе 7,5 тыс. в рецензируемых журналах и 950 в зарубежных изданиях.

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 совершенствования 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.

Интенсификация машинных технологий и новая эргонасыщенная 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.

Важнейшие результаты

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 земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства для решения проблемы эффективного использования земли рекомендуется к ши-

рокому освоению в агропромышленном производстве в аридной зоне Российской Федерации.

Система восстановления пастбищ, подверженных ветровой эрозии (рис. 48). Система закрепления и облесения подвижных песков предназначена для восстановления растительного покрова современных очагов дефляции на пастбищах аридного пояса России. Система включает комплексное применение технологий и технических средств коренной фитомелиорации деградированных пастбищ с использованием современных способов основной обработки почвы и создания многофункциональных устойчивых многолетних травянисто-кустарниковых насаждений и лесополос. Освоена на площади 300 тыс. га. Авторы – академик РАН Кулик К.Н., д.с.-х.н. Манаенков А.С.

В области растениеводства, защиты и биотехнологии растений остаются первостепенными проблемы повышения урожайности зерновых культур и качества зерна. Для решения этих проблем учеными созданы высокопродуктивные сорта сельскохозяйственных культур с высокой урожайностью и качеством зерна.

К наиболее значимым из них, не уступающим мировым аналогам, относятся следующие.

Новые сорта озимой пшеницы Анка, Антонина, Гурт, Боярыня, Вестница, Донстар, Капризуля, Лилит, Капитан и другие (рис. 49), созданные авторскими коллективами селекционеров под руководством академика РАН Беспаловой Л.А., члена-корреспондента РАН Грабовца А.И. Предназначены для возделывания в Южном, Северо-Кавказском и Центральном федеральных округах с целью получения высоких урожаев зерна с хорошими качественными характеристиками. Потенциал их продуктивности свыше 10 т/га зерна. Обладают высокой экологической пластичностью – повышенными жарозасухоустойчивостью и зимоморозостойкостью, устойчивостью к поражению основными болезнями зерновых культур.

Зерно новых сортов отвечает требованиям ценных и сильных пшениц, отличается высокими хлебопекарными качествами (содержание белка до 17%, клейковины до 35%). Распространены в хозяйствах Краснодарского края, Северного Кавказа, Ростовской, Воронежской, Белгородской, Курской и других областей Российской Федерации на площади 235 тыс. га.

Получены патенты №№ 8112, 8114, 8113, 8070, 8069, 7628, 8040, 8039, 7670.

Сорта риса Исток и Партнёр (рис. 50) созданы авторскими коллективами под руководством докторов сельскохозяйственных наук Ковалёва В.С. и Шиловского В.Н. Обладают потенциалом продуктивности 10–11 т/га зерна. Сорта отличаются повышенной адаптивностью, холодостойкостью, солеустойчивостью, устойчивостью к полеганию, осыпанию, поражению пирикулярриозом, улучшенным качеством зерна (стекловидность 95%, выход крупы 70%, содержание целого ядра в крупе более 90%). По технологическим качествам зерна и кулинарным достоинствам крупы новые сорта соответствуют требованиям

европейского рынка. Защищены патентами №№ 8287, 8288. Возделываются на площади 27 тыс. га в Краснодарском крае. Рекомендуются к широкому использованию в рисосеющих хозяйствах Российской Федерации.

Сорта сои *Арийка, Китросса, Пепелина, Сойка, Юган, Мезенка, Олимпия*, созданные авторскими коллективами под руководством к.с.-х.н. Н.М. Слободяник, Н.Ф. Фоменко, к.с.-х.н. В.Н. Зайцева, д.с.-х.н. С.В. Зеленцова, характеризуются высокой урожайностью 3–4 т/га, содержанием белка в семенах 35–41%, жира 20–25%. Сорта возделываются на 185 тыс. га в регионах Дальнего Востока, Северного Кавказа и Центрально-Черноземного региона России и рекомендуются к широкому использованию в производстве Российской Федерации.

Сорта картофеля *Фрителла* и *Вымпел*, созданные под руководством д.с.-х.н. Симакова Е.А., среднеспелые, столового назначения, потенциальная урожайность – 50–65 т/га, содержание крахмала – 15,0–21,0%, масса товарного клубня соответственно 120–150 и 80–100 г хорошего и отличного вкуса. Клубни отличаются высокой товарностью и удовлетворительной лёжкостью в период зимнего хранения. Устойчивы к раку и другим болезням. Сорт Вымпел характеризуется засухоустойчивостью и устойчивостью к механическим повреждениям. **Гибриды сахарной свёклы** *РМС 127 F1, РМС 130 F1, КОНКУРС F1, АЗИМУТ F* созданы авторскими коллективами под руководством члена-корреспондента А.В. Корниенко, к.б.н. В.А. Логвинова, односемянные, высокопродуктивные, с урожайностью 40–72 т/га, содержанием сахара 16–22%, массой корнеплода 550–700 г, сбором сахара 9–16 т/га, слабо поражающиеся корневыми гнилями, средне – корнеедом, церкоспорозом.

В области зоотехнии и ветеринарии в последнее время обозначились проблемы импортозамещения животноводческой продукции и ее качественных характеристик. Учеными академии созданы высокоэффективные, конкурентоспособные породы и типы сельскохозяйственных животных с технологиями их выращивания и содержания, способствующие решению этой проблемы.

Тип крупного рогатого скота айрширской породы «Карельский» (рис. 51), молочно-мясного направления использования. Выведен методом чистопородного разведения айрширской отечественной и финской пород. Коровы нового типа отличаются высокой молочностью (до 9000 кг молока за лактацию), содержанием жира (4,2%), с живой массой взрослых животных – 550 кг (коровы), 900 кг (быки), крепкой конституцией, хорошей приспособленностью как к привязному, так и беспривязному содержанию, повышенной устойчивостью к маститу в условиях молочных комплексов, высокой интенсивностью молокоотдачи (2,21 кг/мин).

Создан авторским коллективом: к.с.-х.н. Васильева Е.Н., д.с.-х.н. Чекменева Н.Ю., д.с.-х.н. Болгов А.Е., к.с.-х.н. Егиазарян А.В. (ВНИИГРЖ). Рекомендован к разведению в Европейской части Российской Федерации. Численность поголовья: 3800 гол.

Алтайская мясная порода свиней (рис. 52), предназначена для получения высококачественной свинины. Создана с использованием пород крупной белой, ландраса и хряков породы максгро. Отличительной особенностью животных новой породы является высокая скорость роста в течение всего периода выращивания, низкая осаленность молодняка при массе 120–130 кг, хорошая выраженность окороков.

Создана авторским коллективом под руководством академиков РАН Зиновьевой Н.А., Стрекозова Н.И. (ВИЖ им. Л.К. Эрнста)

Рекомендована к разведению во всех регионах Российской Федерации. Численность поголовья: 3060 гол. Подана заявка на селекционное достижение.

Алтайская белая пуховая порода коз (рис. 53). Создана на основе использования генетического потенциала козлов пород советской шерстной и придонской белой на козomatках горноалтайской пуховой породы в среднегорной зоне Республики Алтай. Животные отличаются высокой пуховой продуктивностью. Начес пуха у козочек в годовом возрасте составляет 440 г при длине пуха 8,15 см, живая масса (осенняя) – 33,0 кг; в возрасте 3 года и старше – 735 г, 9,3 см и 42,0 кг соответственно.

Создана авторским коллективом: д.с.-х.н. Подкорытов А.Т., д.б.н. Селионова М.И., чл.-корр. РАН Багиров В.А., д.б.н. Марченко В.А. (ВНИИОК)

Рекомендована к разведению в горных регионах Российской Федерации. Численность поголовья: 6116 гол.

Тест-система для выявления антигена вируса бешенства методом ИХА (рис. 54), позволяющая в течение короткого времени диагностировать бешенство и иммунодефицитные состояния животных, тем самым своевременно предотвращать возникновение болезни. Обладает высокой специфичностью, надежностью и чувствительностью обнаружения вируса бешенства, как в пробах ткани мозга, так и слюне. Проведенные исследования показали возможность использования в качестве экспресс-метода оценки иммунного статуса новорожденных телят.

Разработана авторским коллективом под руководством академика РАН Самуйленко А.Я., члена-корреспондента РАН Федорова Ю.Н. (ВНИТИБП)

В области хранения и переработки сельскохозяйственной продукции для решения проблем конкурентоспособных продуктов питания и с целью увеличения объемов производства сыра за счет использования всех компонентов молока, в том числе сывороточных белков, разработана и предложена для промышленного освоения технология мягкого сыра из ультрафильтрационного концентрата «Сиртаки», которая предусматривает предварительное концентрирование молока методом ультрафильтрации с использованием мембран нового поколения до массовой доли сухих веществ готового продукта.

Технология внедрена на предприятии ОАО «Северное Молоко». Разработана коллективом авторов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия» под руководством академика РАН Свириденко Ю.Я.

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 строительных наук

В настоящее время особую актуальность имеют работы в области обеспечения безопасности, долговечности и комфортности зданий, сооружений и комплексов на основе развития методов строительной механики, строительной физики, математического и компьютерного моделирования применительно к конструкциям из традиционных и новых строительных материалов.

Планируется продолжение разработки механики новых строительных материалов и конструкций, их физико-механических, реологических и вычислительных моделей, численных и численно-аналитических методов расчетного обоснования, построение общих нелинейных моделей ползучести при сложных режимах нагружения, изучение механики разрушения сверхпрочных материалов и конструкций и проверка моделей на основе комплексных экспериментальных и теоретических исследований.

Развитие теории безопасности и живучести зданий и сооружений в нормальных и экстремальных условиях эксплуатации предполагает:

- изучение неоднородности конструктивной и приобретаемой в процессе деформирования и трещинообразования анизотропии конструкционных материалов, разработку и верификацию общих критериев прочности и моделей процессов разрушений;

- изучение параметров и констант разрушения композитов как физико-механического процесса термофлуктуационного разрыва структурных связей, возникновения дефектов и трещин;

- анализ энергетического и силового баланса процесса развития и поуровневого роста трещин в полимасштабном по структуре композите; разработка принципов максимального повышения энергоемкости этого процесса путем иерархически сбалансированного модифицирования структуры композита;

- разработку, исследование, алгоритмическую реализацию, верификацию и апробацию численных и численно-аналитических методов прогнозного математического моделирования состояния и техногенной безопасности ответственных строительных объектов и комплексов с учетом различных факторов физической, геометрической, конструктивной и генетической нелинейностей;

- разработку моделей, алгоритмов и компьютерных программ оптимизационного конструирования высокоэффективных ресурсоэкономичных строительных композитов нового поколения, в том числе на основе нанотехнологического подхода;

– исследование закономерностей механики конструкционных свойств высокопрочных и долговечных строительных композитов нового поколения в эксплуатационных и особых, в том числе экстремальных условиях их эксплуатации; разработка моделей прогнозирования переходов структур и свойств из начального состояния в состояния со структурными повреждениями и разрушениями;

– разработку методологии и научно-прикладных решений строительно-технологической утилизации неорганических и органических по составу техногенных отходов и создание конструкционных и функциональных строительных материалов и изделий на их основе и соответствующих рекомендательных каталогов;

– разработку физико-химических и технологических принципов создания новых строительных материалов на основе нанотехнологического подхода путем направленного формирования структуры, оптимизации физико-химических основ технологии производства;

– развитие теории долговечности и эксплуатационной надежности строительных материалов и конструкций и создание материалов и конструкций заданной долговечности;

– разработку и исследование свойств строительных композитов с регулируемы деформативными свойствами для создания высокоэффективных конструкций;

– развитие теории самоуплотняющихся бетонных смесей и обеспечение их широкого внедрения в строительство;

– создание материалов для работы в суровых условиях эксплуатации для Сибири и Крайнего Севера, в том числе для добычи и транспортировки нефти и сжиженного газа;

– разработку эффективных покрытий для повышения эксплуатационной надежности, коррозионной стойкости, архитектурной выразительности и долговечности строительных конструкций и изделий;

– проведение исследований, обеспечивающих вовлечение в строительную индустрию новых видов сырьевых материалов.

Необходимо продолжить исследования в области обеспечения конструктивной безопасности шельфовых и портовых сооружений; осуществить разработку конструктивной безопасности инженерных коммуникационных систем, в том числе методов очистки, обеззараживания и утилизации отходов водоотведения и водоснабжения, энерго- и теплоснабжения.

Актуальными являются направления исследований в области защиты от шума: построение математических моделей реверберационных процессов, определение 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; определение новых и обобщение существующих экспериментальных данных

акустических характеристик средств, внедрение которых в строительство обеспечит эффективное снижение шума, безопасность и комфортную среду обитания населения.

Основными направлениями исследований по строительной светотехнике станут определение светопропускания естественного света светопрозрачными конструкциями с новыми типами остекления с повышенными значениями сопротивления теплопередаче, разработка методов расчета и проектирования искусственного освещения на основе энергоэффективных низковольтных источников искусственного освещения – органических светодиодов, исследования 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.

В области радиационной безопасности планируется разработка новых ускоренных методов определения радиационных характеристик грунтов на стадии проведения инженерных изысканий для строительства и исследования радионепроницаемости существующих и новых строительных материалов с учетом условий их эксплуатации.

Исследования энергосбережения в зданиях планируется выполнять в направлении развития методов повышения теплозащиты ограждающих конструкций, проектирования энергоэффективных систем вентиляции и кондиционирования воздуха в зданиях при одновременном повышении их долговечности и комфортности проживания.

В области градостроительства

Россия является государством, обладающим крупнейшей в мире территорией, – стратегическим геополитическим ресурсом развития страны. Территориальное обустройство является важнейшим фактором обеспечения ее целостности, конкурентоспособности и обороноспособности. Фундаментальные исследования в области градостроительства направлены на создание научных основ устойчивого развития территории страны в целом, систем расселения, городов и иных поселений, формирования безопасной и комфортной среды жизнедеятельности населения. Направленность этих исследований соответствует долгосрочным целям социально-экономического и пространственного развития страны с учетом исторически сложившегося расселения, природных, национально-этнических, культурных и иных местных особенностей.

Научно-методические подходы и содержательные аспекты этих исследований нашли отражение в материалах Государственного совета Российской Федерации (17 мая 2016 года). Ряд позиций раздела «Состояние и пути совершенствования градостроительной деятельности» вошел в официальный Доклад Госсовета «О развитии строительного комплекса и совершенствовании градостроительной деятельности в Российской Федерации».

В системе координат формирующегося информационного постиндустриального общества, развития новой сервисной экономики высокопрофессио-

нальных 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.

Основные направления фундаментальных исследований охватывают все сферы градостроительства как системы научных знаний и развиваются в рамках следующих тематических блоков: теоретические основы градостроительства; фундаментальные основы пространственного развития территории Российской Федерации; междисциплинарные научные исследования; выявление тенденций развития и прогнозные исследования.

Тематический блок исследований по развитию теоретических основ градостроительства является одним из приоритетных, включающих в себя как проблемы общетеоретического и методологического характера, так и циклы исследований в рамках иерархических территориальных уровней – научные основы пространственного развития территории России; основы теории города; градостроительные основы повышения качества и безопасности городской среды.

Важными 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. При этом должны быть дифференцированно разработаны проблемы следующих регионов страны 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.

Актуальной исследовательской проблемой является развитие инфраструктуры (инженерной, производственной, социальной и др.). Особую значимость

приобретают исследования по формированию многоуровневого сетевого мультимодального логистического транспортно-коммуникационного каркаса системы расселения Российской Федерации, обеспечивающего ее территориальное единство. Существенным экономическим эффектом потенциально обладают предложения по реализации геополитических преимуществ положения России между европейскими и азиатскими странами благодаря созданию мощного транспортно-коммуникационного русла.

В исследовательском блоке, посвященном разработке основ теории города, продолжается изучение проблем городов, поселений и их систем, образующих «узлы каркаса расселения» и «ткань расселения» России. Ими являются:

- столичные центры – города федерального значения Москва и Санкт-Петербург; «города-контрмагниты» столичных центров – экономические, научно-образовательные, культурные, транспортно-логистические центры федерального значения (предположительно: в европейской части России – Ростов-на-Дону, Самара, Екатеринбург; в азиатской части России – Новосибирск, Иркутск, Владивосток);

- крупнейшие и крупные агломерации в наиболее урбанизированных регионах России и «надагломерационные» образования в Центральном федеральном округе и, в обозримом будущем, в Северо-Западном, Приволжском, Уральском, Сибирском, Дальневосточном федеральных округах;

- города – центры (столицы) субъектов Российской Федерации, региональные центры.

Необходимо также развернуть исследовательские работы по следующим проблемам средних и малых городов, городских и сельских поселений: города – межмуниципальные центры (региональные подцентры), формирующие межмуниципальные системы расселения в периферийных районах субъектов Российской Федерации; городские, сельские поселения – центры местных систем расселения муниципальных районов; города – опорные центры освоения, развития и жизнеобеспечения зоны Севера и других отдаленных районов очагового расселения, межзональные центры; городские населенные пункты – базовые центры (центры систем расселения в районах очагового расселения).

Необходимо выявить общие проблемы и разработать стратегические задачи научно-проектных разработок для следующих урбанистических систем и объектов проектирования:

- столичные регионы (Московский и Санкт-Петербургский);

- ареалы других крупнейших агломераций с миллионным населением в каждой (Екатеринбургской, Нижегородской, Самарской, Волгоградской, Саратовской, Казанской, Ростовской-на-Дону, Уфимской, Пермской, Челябинской, Новосибирской, Омской, Красноярской, Иркутско-Ангарской, Хабаровской, Владивостокско-Находкинской), всего 16 агломераций, включая 16–17 центральных городов;

- ареалы крупных городских агломераций, выполняющих, как и указанные выше агломерации, роль «локомотивов» тяготеющих к ним территорий (около

50 агломераций, в том числе 50 городов-центров агломераций и около 150 городов-спутников).

В контексте развития приоритетных исследований необходимо обратить особое внимание на города и поселения следующей типологии: наукограды, города при АЭС и ГЭС, военные и военно-морские базы; портовые города, многочисленные новые городские образования, которые должны быть созданы вдоль транспортных коридоров; исторические города, курортные и туристические зоны; сельско-городские формы расселения при лидирующей роли небольших городов.

В рамках исследовательского раздела градостроительных основ повышения качества и безопасности городской среды необходима актуализация понятийной проблемы «городская среда» и определение ее параметров, отвечающих требованиям безопасности и комфорта, а также разработка предложений по включению результатов исследований в национальный стандарт «Градостроительство. Параметры городской среды». Необходимо также создание научных основ единой национальной системы нормирования и контроля качества градостроительной среды. В рамках этого направления остаются актуальными исследования проблем делимитации новых урбанистических территорий, взаимодействия искусственной среды и экосистемы города; архитектурно-градостроительных аспектов формирования городских пространств и ансамблей; проблем транспорта и инженерной инфраструктуры; городского благоустройства и дизайна городской среды, освоения подземного пространства, прибрежных территорий и др.

Необходимыми условиями разработки и реализации государственной территориально-градостроительной политики должны стать ее комплексность, научная обоснованность и правовая обеспеченность, требующие системного междисциплинарного, межотраслевого, межведомственного подхода. Это подразумевает синтез фундаментальных и прикладных научных знаний собственно градостроительной науки и смежных с ней дисциплин (архитектурной, строительных, инженерно-технических наук, экологии, социологии, экономики, географии, исторических и юридических наук, наук об управленческой деятельности), взаимосогласованности правовых институтов, нормы и механизмы которых регламентируют или во многом определяют градостроительную деятельность и ее результаты.

В рамках выявления тенденций развития и прогнозных исследований разрабатываются научные основы и стратегические приоритеты территориально-градостроительной политики России. Она представляет собой систему целевых установок, методов и знаний, на основании которых участники процесса градостроительной деятельности вырабатывают взаимоувязанные действия в сфере социально-экономических процессов урбанизации и в сопряженных областях. Разрабатываются альтернативные прогнозы развития системы расселения на период до 2035 года и дается их оценка с позиций соответствия стратегическим целям и приоритетам социально-экономического развития и

обеспечения национальной безопасности Российской Федерации. Особую значимость приобретают исследования по развитию градостроительства на принципах устойчивого развития, что подразумевает гармоничное взаимодействие экологической, технологической и социально-экономической составляющих.

Реализация направлений исследований по модернизации градостроительной деятельности в Российской Федерации закладывает основы развития инновационного потенциала в сфере градостроительства и пространственного развития. Одним из определяющих векторов развития при внедрении инновационных технологий в сфере инфраструктур (инженерной, транспортной, коммуникационной и др.) является «зеленый», урбоэкологический вектор. Задачи «экологизации» определяют необходимость внедрения в отечественную градостроительную практику методов комплексного управления экосистемами, формирования идеологии «зеленого градостроительства».

Необходимо стимулирование инноваций в градостроительстве, нацеленных на решение следующих проблем:

- поиск и осуществление функционально-планировочных, архитектурно-пространственных и инженерных решений, адекватных новым технологическим укладам, культурным образцам, ценностям и стилю жизни новых поколений;
- разработку и внедрение инновационных решений в области транспортных систем;
- теоретическое осмысление технологий ресурсо- и энергообеспечения, водоочистки и обеспечения водными ресурсами, размещение и оборудование полигонов складирования отходов производства и потребления, промышленных отходов, их утилизации;
- внедрение прогрессивных технологий, направленных на улучшение экологической ситуации;
- разработку и внедрение технологий научно-информационного обеспечения градостроительной деятельности, геоинформационных (ГИС), коммуникационных технологий; моделирование сложных систем применительно к градостроительству;
- разработку рекомендаций по формированию эффективной экономической базы развития территорий городских и сельских поселений;
- превращение градостроительства из потребителя инноваций, созданных в других отраслях и сферах деятельности, в источник инноваций для экономики, культуры и технологий.

В области архитектуры

Представляется, что актуальным в ближайшие годы останется изучение теоретических оснований формообразования – новейших тенденций развития языка архитектуры во взаимосвязях с современным искусством и наукой.

Миссия архитектуры в движении современной культуры призвана стать особым предметом исследования. В настоящее время можно говорить об ак-

туализации проблем феноменологии, антропологии, биоморфизма в архитектурной теории на фоне формальной избыточности современной архитектуры, активно провоцируемой новыми технологическими решениями и бизнес-обществом. Значительным оказывается переосмысление канонов профессии после модернизма, рефлексия новой картины мира, проблема качественного своеобразия течений архитектуры новейшего времени.

Следует отметить, что в число необходимых междисциплинарных исследований входят теоретическое моделирование адресата архитектуры, регулирование стратегической направленности проектной деятельности: философские, социальные, культурные, экономические, политические, экологические и антропологические предпосылки архитектурного проектирования. В сфере исследовательского внимания оказываются системные изменения запросов на архитектуру в условиях глобализации, противостояния сетевой и иерархической структуры экономики.

Предметом постоянного внимания станут вопросы общекультурной обусловленности отношения профессионального сообщества и общества в целом к архитектурному наследию, к формированию принципов его сохранения и интерпретации. Стабильный интерес к этой проблематике связан не только и не столько с неисчерпаемостью данной темы вообще, но, прежде всего, с происходящей трансформацией культурной парадигмы всей эпохи. Значительным является анализ взаимосвязи мировой и национальной российской ситуации, как в части общекультурных приоритетов, так и типологически локализованных методов работы с соответствующим наследием.

Одной из тем данного направления призвана стать работа, посвященная проблеме восприятия художественного и архитектурного наследия в условиях изменившейся «картины мира». Сохраняет прежнюю актуальность задача исторического изучения меняющегося места наследия в культуре общества. Эта тематика имеет собственное, исключительно важное и значимое историко-культурное значение, но, кроме того, позволяет увидеть и переосмыслить современные проблемы в историческом разрезе и на краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную перспективы.

Планируется дальнейшее продолжение исследований роли культурного наследия новейшего времени, механизмов его комплексного взаимодействия с современностью. Одним из новых направлений, лишь отчасти затронутых, станет изучение интерпретации темы наследия в средовом дизайне. Важность данной темы связана с тем, что в этом наиболее подвижном слое предметно-пространственной среды отпечатываются сиюминутные культурные предпочтения, в первую очередь – наиболее массового слоя потребителей, весьма своеобразно связанного с основными культурными парадигмами эпохи.

В области историко-теоретических исследований планируется продолжить изучение отечественной архитектуры и градостроительства, включая в том числе все основные периоды истории СССР, а в дальнейшем и постсоветской России. Изучение и осмысление тенденций развития архитектуры и градо-

строительства периодов новейшей отечественной истории имеет важнейшее значение для понимания современных тенденций и адекватного, корректного прогнозирования будущего.

Наряду с этим должны проводиться углубленные исследования исторических систем расселения и формирования городов и сел в отдельных регионах и местностях России с тем, чтобы поднять на новый качественный уровень теоретические и прикладные предпроектные разработки актуальных вопросов сохранения, регенерации и развития урбанизированной среды жизнедеятельности человека и общества. Намечено изучение наиболее устойчивых архитектурных традиций, неразрывно связанных с социально-культурной самоидентификацией. Нельзя не признать важнейшее социально-политическое значение этих исследований в таком поликультурном государстве, как Россия.

В числе важных направлений работы – сравнительно-исторические исследования, проясняющие вопросы существования российской архитектуры в мировом контексте, архитектурных влияний, заимствований и самобытности, заполнение «белых пятен» в истории архитектуры и пересмотр ряда привычных, но на самом деле несостоятельных суждений и оценок.

Россия как мировая держава не может ограничиваться исследованиями только лишь своего национального, регионального и местного архитектурно-градостроительного наследия. Актуальной представляется задача изучения вопросов всеобщей истории архитектуры и градостроительства, активизация российского участия в международных научных проектах соответствующей направленности. Принципиальное значение имеет осуществление в перспективе задачи полноценной интеграции российского архитектурного наследия в глобальную картину всемирно-исторического развития зодчества и урбанизма.

В настоящее время многие неясные и трудно разрешаемые проблемы архитектурно-градостроительной деятельности восходят к определенным историческим рубежам, актуальным для современных исследователей. В целях надлежащего эффективного исследования такого рода проблем особое значение имеют фундаментальные исторические проработки междисциплинарного характера, а также планируемое участие в общетеоретических и методологических изысканиях, связанных с решением актуальных проблем существования и успешного развития профессии архитектора и градостроителя в современном мире.

Разумеется, важным является изучение современной структуры и потребностей общества во взаимовлиянии с формированием новой типологии жилых и общественных зданий. К числу первостепенных задач следует отнести всесторонний анализ зарубежной и отечественной практики строительства арендного и других типов жилья для различных групп населения, социальных, экономических, градостроительных и архитектурно-планировочных факторов, влияющих на формирование типологии, открывающей новые возможности увеличения жилищного фонда.

Кроме того, в число актуальных задач входит и анализ новых архитектурно-планировочных решений зданий повышенного уровня комфортности на ос-

нове внедрения эффективных инновационных технологий и конструктивных решений, принципиально новых, передовых, в том числе открытых архитектурно-строительных систем. Наряду с вышеизложенным одной из важнейших задач является исследование практики проектирования многофункциональных зданий, органично сочетающих в себе функции жилья, культурно-бытового обслуживания, здравоохранения и экологически чистых видов производства.

Многоуровневый анализ взаимосвязей и процессов в указанных областях может своевременно предупредить общество и специалистов о грядущем разрушении устоявшихся догматов и появлении новых тенденций, об изменениях традиционной типологии зданий, сооружений и комплексов, а также прогнозировать основные направления развития архитектуры.

Важнейшие достижения

1. Принципы обеспечения безопасной и создания комфортной среды жизнедеятельности, базирующиеся на равнозначности территориальной, временной и персональной доступности человеку функций биосферосовместимого города, а также система оценочных показателей доступности объектов городской инфраструктуры различным группам населения и разработка методики оценки реализуемости функций биосферосовместимого города (Научное руководство и координация – академик РААСН, д.т.н. В.А. Ильичев)

Получили развитие принципы обеспечения безопасной и создания комфортной среды жизнедеятельности при реализации функций биосферосовместимого города, соответствующих его рациональным потребностям, на основе гипотезы о равнозначности территориальной, временной и персональной доступности человеку объектов городской инфраструктуры.

Разработаны критерии количественной оценки уровня безопасности технологий жизнеобеспечения, базирующейся на системе интегральных показателей реализуемости функций города, получаемых по значениям отдельных, нормируемых в настоящее время параметров.

Результаты опубликованы в монографиях, многочисленных статьях, в том числе в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и/или SCOPUS, а также в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ ведущих рецензируемых научных журналов и изданий.

2. Комплексные экспериментальные и теоретические исследования несущей способности высокопрочных сталежелезобетонных колонн с жесткой арматурой (Авторский коллектив: академик РААСН, д.т.н. В.И. Травуш (научный руководитель); советник РААСН, д.т.н. С.С. Каприелов; советник РААСН, д.т.н. С.Н. Карпенко; к.т.н. Д.В. Конин; А.С. Крылов; Л.С. Сошникова; А.С. Мартиросян)

Объем строительства высотных зданий постоянно увеличивается. В настоящее время уже построено несколько сотен зданий высотой выше 200 метров. В

современных высотных зданиях колонны нижних этажей испытывают нагрузки 10000–20000 тонн, что приводит к необходимости значительного увеличения сечения колонн и к снижению полезной площади здания.

Применение современных композитных колонн, состоящих из высокопрочного бетона и новых классов стали повышенной прочности, позволяет значительно снизить размеры их поперечных сечений и получить рациональное распределение напряжений между стальными бетонными компонентами. В связи с появлением и внедрением в практику проектирования бетонов высоких марок В80 – В120, а также сталей с высоким пределом текучести 400 – 500 МПа возникла необходимость в проведении серии испытаний образцов таких колонн.

В результате проведенных физических и компьютерных экспериментов была создана методика расчета сталежелезобетонных колонн, выполненных с использованием современных материалов – высокопрочных сталей и бетонов.

Результаты работы использованы при проектировании сталежелезобетонных колонн высотной башни Комплекса «Лахта-центр», возводимого в Санкт-Петербурге (рис. 55). Кроме того, на основании проведенных исследований создан нормативный документ – СТО АРСС «Сталежелезобетонные конструкции. Правила проектирования».

Результаты опубликованы в многочисленных статьях, в том числе в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и/или SCOPUS, а также в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ ведущих рецензируемых научных журналов и изданий.

3. Аналитические зависимости по описанию физико-механических и реологических характеристик экономичных высокопрочных сталефибробетонов (Авторский коллектив: академик РААСН, д.т.н. Н.И. Карпенко (научный руководитель); советник РААСН, д.т.н. С.С. Каприелов (научный руководитель); советник РААСН, д.т.н. С.Н. Карпенко; советник РААСН, д.т.н. А.Н. Петров)

Высокопрочные (классы по прочности на сжатие В100–В120) и сверхвысокопрочные (классы по прочности на сжатие от В120 до В150) сталефибробетоны с пределами прочности на осевое растяжение 8–12 МПа, растяжение при изгибе 20–24 МПа в последние 10–15 лет оказались востребованными при проектировании, строительстве и ремонте конструкций транспортных сооружений (уникальных мостов и путепроводов), а также сооружений специального назначения, подвергаемых взрывным воздействиям.

Имеющийся (в основном за рубежом) опыт связан с производством сверхвысокопрочного сталефибробетона (СВФБ) из сравнительно жестких смесей. Эти смеси недостаточно технологичны. В данной работе сделан акцент на получении СВФБ из самоуплотняющихся смесей, отличающихся сегрегационной устойчивостью (связанностью – нерасслаиваемостью), которые позволяют не только повысить технологичность производства сборных конструкций и изделий, но и решить задачу возведения монолитных конструкций. Определены экономичные составы ВБ и СВФБ с минимальным количеством фибры 120 кг/м³, исследованы кратковременные физико-механические характери-

ки, разработана программа длительных и испытаний экономичных составов ВБ и СВФБ и поставлены образцы на длительное действие нагрузки. Разработана программа компьютерного моделирования балок-стенок из ВБ, которая показала его эффективность.

Результаты работы являются основой для разработки технологии и механики новых высокопрочных конструкционных материалов и конструкций из них. Они также являются важными для совершенствования нормативных документов, например, СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». Исследуемые характеристики высокопрочных бетонов использованы при проверке прочности колонн Многофункционального административно-делового комплекса ММДЦ Москва-Сити (рис. 56).

Результаты опубликованы в многочисленных статьях, в том числе в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и/или SCOPUS, а также в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ ведущих рецензируемых научных журналов и изданий.

4. Каталог пилотных проектов низкоэнергоемких технологий комплексной и глубокой переработки отходов в экологически чистые, экономичные и высококачественные строительные материалы (Научное руководство и координация: Почетный член РААСН, к.т.н. В.Н. Ярмаковский)

По результатам проведенных исследований были обобщены и развиты пилотные проекты следующих технологий переработки крупнотоннажных техногенных образований в альтернативные традиционным основные компоненты легких бетонов (приводятся только некоторые примеры):

- технология переработки отходов горнодобывающей промышленности;
- вскрышных пород, содержащих в частности пластичные глины; для изготовления пористого заполнителя типа керамзита;
- технология переработки отходов химической промышленности, в частности – отходы производства полимеров; основным продуктом переработки бытовых и производственных отходов полимеров, предназначенным как сырьевой ресурс для производства строительных материалов;
- технология переработки отходов промышленности минеральных удобрений.

В результате разработан расширенный каталог пилотных проектов низкоэнергоемких технологий комплексной и глубокой переработки крупнотоннажных техногенных образований в альтернативные традиционным экологически чистые, экономичные и при том достаточно высококачественные строительные материалы (малоклинкерные и бесклинкерные вяжущие, крупные и мелкие заполнители, химико-минеральные добавки – модификаторы структуры бетона различных видов и назначения).

Результаты опубликованы в многочисленных статьях, в том числе в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и/или SCOPUS, а также в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ ведущих рецензируемых научных журналов и изданий.

5. Методологические основы определения эффективности применения различных технологий «активного» энергосбережения при строительстве и реконструкции жилых и общественных зданий массовой застройки в различных климатических условиях (Авторский коллектив: к.т.н. А.В. Спиридонов (научный руководитель); советник РААСН, д.т.н. И.Л. Шубин; Т.А. Ахмяров)

В рамках проведенных исследований были выполнены:

- обобщение практики проектирования и применения технологий «активного» энергосбережения с активной рекуперацией тепла при строительстве и реконструкции жилых и общественных зданий;

- разработка методики оценки энергетической эффективности различных систем «активного» энергосбережения в процессе строительства и реконструкции жилых и общественных зданий в климатических условиях Российской Федерации;

- оценка энергетической эффективности применения различных технологий «активного» энергосбережения при строительстве и реконструкции жилых и общественных зданий массовой застройки в различных климатических условиях;

- разработка предложений по реконструкции общественных зданий с использованием систем «активного» энергосбережения;

- разработка конкретных предложений по модернизации ограждающих конструкций и реконструкции общественных зданий с использованием технологий «активного» энергосбережения;

- разработка структуры и проекта Рекомендаций по проектированию, строительству и реконструкции жилых и общественных зданий с использованием технологий «активного» энергосбережения.

В результате получены методологические основы определения эффективности применения различных технологий «активного» энергосбережения при строительстве и реконструкции жилых и общественных зданий массовой застройки в различных климатических условиях со значительным превышением норм 2020 года по удельному энергопотреблению.

Результаты опубликованы в многочисленных статьях, в том числе в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и/или SCOPUS, а также в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ ведущих рецензируемых научных журналов и изданий.

6. Исследование климатических особенностей Крымского полуострова и разработка нормативно-технической документации для Республики Крым и г. Севастополь (Авторский коллектив: член-корреспондент РААСН, д.т.н. В.К. Савин (научный руководитель); советник РААСН, к.т.н. Н.П. Умнякова; к.х.н. Л.К. Богомолова; к.т.н. Э.С. Гузова; к.т.н. Н.Г. Волкова)

На основе анализа метеорологической информации и исследований климатических особенностей Крымского полуострова разработано Изменение № 2 СН 131.13330.2012 «Строительная климатология» для Республики Крым и г. Севастополь, включающее расчетные параметры для теплого и холодного периодов года, а также карты зонирования территории Крымского полуострова.

Разработан Метод комплексной ускоренной оценки долговечности элементов светопрозрачных ограждающих конструкций для современных фасадных систем под действием климатических факторов в условиях жаркого климата Крыма с использованием уникального испытательного оборудования федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН).

Установлены критерии оценки долговечности элементов СОК и их изменения в процессе старения, выбраны факторы климатического воздействия на отдельные элементы, установлены требования к испытательному оборудованию. На основе фундаментальных исследований по климатическому старению строительных материалов были выбраны режимы комплексных испытаний под воздействием климатических факторов.

Населенные пункты	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Ай-Петри	-3,6	-3,3	-0,7	4,9	9,6	13,0	15,5	15,1	11,0	6,7	2,5	-1,6	5,7
Клепинине	-1,5	-0,5	3,1	10,4	15,7	20,0	22,7	21,8	16,7	10,7	5,7	1,6	10,5
Симферополь	-0,5	0,4	3,6	10,2	15,2	19,2	21,8	21,3	16,7	11,0	6,1	2,1	10,6
Феодосия	0,8	1,4	4,4	10,6	16,1	20,8	23,4	23,1	18,4	12,4	7,6	3,8	11,9
Ялта	3,9	4,2	6,0	10,8	15,7	20,2	23,6	23,2	19,0	13,6	9,5	6,1	12,9
Керчь	0,0	0,4	3,7	9,9	15,5	20,2	23,2	22,7	17,7	11,9	6,7	2,6	11,2
Севастополь	3,1	3,6	5,7	10,5	15,2	19,7	22,0	21,8	18,0	12,8	9,0	5,5	12,2

7. Научное обоснование долгосрочного прогноза развития градостроительства, как основы разработки и реализации Градостроительной доктрины России (Научное руководство и координация: академик РААСН, д.э.н. В.Я. Любовный)

В проведенном исследовании было дано научное обоснование разработки прогноза развития градостроительства как процесса междисциплинарного, межотраслевого взаимодействия; разделения функций и механизмов реализации на долгосрочный и среднесрочный периоды (последний рассматривается в качестве основы формирования градостроительной политики, обеспечивающей сохранение стратегической направленности и получение реальных результатов); необходимости использования сценарных (вариативных) подходов, обусловленных слабой предсказуемостью основных факторов, влияющих на градостроительство. Практически впервые предлагаются системные подходы и рекомендации по регулированию территориально-градостроительных процессов в рамках модернизации национальной системы управления с учетом требований социально-экономического и пространственного развития страны на прогнозируемый период.

Отправной позицией, определяющей направленность регулирования территориально-градостроительных процессов, является осознание стра-

тегических направлений социально-экономического развития и территориальной организации страны. Для определения перспектив градостроительства дается объективная оценка взаимозависимости и взаимовлияния особенностей экономики и развития градостроительных процессов, городских и сельских поселений.

Наряду с формированием благоприятной среды для проживающего населения, важной функцией градостроительства, реализуемой как в самих поселениях, так и в границах локальных и региональных систем расселения, становится создание привлекательных условий для новых сфер и видов экономической и иной деятельности. Выделяется общегосударственная функция градостроительства, осуществляемая консолидированно с совершенствованием пространственно-инфраструктурной организации территории страны – обеспечение ее целостности путем укрепления и совершенствования единого экономического, социального, информационного пространства, ее национальной безопасности. Роль градостроительства будет все более возрастать в условиях глобализации в связи с потребностью формирования на территории России центров международного сотрудничества в различных сферах деятельности, соединенных полноценными международными коридорами и трассами различных видов транспорта, передачи энергии, информации, а, возможно, и водных ресурсов.

Предложенные научно-методические подходы и содержательные аспекты исследования нашли отражение в материалах Государственного совета Российской Федерации, прошедшего 17 мая 2016 года. В процессе подготовки к Государственному совету Российской Федерации выполнен раздел «Состояние и пути совершенствования градостроительной деятельности». Ряд позиций настоящего раздела вошел в официальный Доклад Госсовета «О развитии строительного комплекса и совершенствовании градостроительной деятельности в Российской Федерации».

Издана научная монография: В.Я. Любовный «Состояние и пути совершенствования градостроительной деятельности». РААСН, ФБНУ «ИМЭИ». Москва, 2016 г.; опубликована научная статья в журнале АСАДЕМІА Архитектура и строительство № 1, В.Я. Любовный «Регулирование градостроительства в изменяющихся условиях развития России», 2016 г.

8. Обзорно-аналитическое исследование опыта разработки и применения местных нормативов градостроительного проектирования (МНГП) и развитие фундаментальных научных основ их совершенствования (Научное руководство и координация: член-корреспондент РААСН, к. арх. П.Н. Давиденко)

В исследовании обобщен опыт разработки и применения местных нормативов градостроительного проектирования и подготовлены методические рекомендации по их составу и содержанию. Научная новизна состоит в научном обосновании качества городской среды и расширении возможности применения квалиметрических методов оценки качества и параметризации городской среды на местном (муниципальном) уровне. Даны обоснования по совершен-

ствование системы градостроительного нормирования на всех уровнях (федеральном, региональном и муниципальном), в первую очередь – создание стандарта по разработке местных нормативов градостроительного проектирования (МНГП). Даны предложения по формированию обоснованного стандарта, состава, порядка их разработки и утверждения на основе сравнительного анализа МНГП, выявлены постоянные и особенные характеристики утвержденных МНГП, а также определены необходимые поправки и дополнения в действующий Градостроительный кодекс. Определено место МНГП в общей системе нормативно-правового регулирования и научном обосновании параметризации качества городской среды на муниципальном уровне. В России подобных исследований не проводилось. Имеющиеся в некоторых городах местные нормативы градостроительного проектирования характеризуются низким уровнем научного обоснования, отсутствует и обобщение практики разработки и эффективности применения Правил землепользования и застройки.

Работа опирается на большой научный авторский задел – выполненные НИР, разработку проектов нормативных документов федерального, регионального и местного уровней, имеющиеся авторские публикации, в том числе актуализацию СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». С учетом результатов работы по заданию ФАУ ФЦС подготовлен базовый проектный вариант актуализации действующего нормативного документа СП 42.13330.2011. Свод правил. «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».

9. Принципы формирования и требования к комплексной архитектурно-планировочной организации малоэтажных энерго- и ресурсосберегающих городских поселений, жилых районов и кварталов с учетом специфики инновационных инженерных систем для различных градостроительных ситуаций (Научное руководство и координация: советник РААСН, д. арх. З.К. Петрова)

Разработаны принципы формирования и требования к комплексной архитектурно-планировочной организации комфортной малоэтажной застройки с применением новейших технологий. Проведена классификация градостроительных ситуаций на территориях проектируемой малоэтажной застройки в зависимости от региональных климатических, геологических и экологических условий, обеспеченности энергоресурсами, на основе учета требований энергоэффективности и ресурсосбережения. Определена типология планировочной организации существующей и проектируемой малоэтажной застройки для наиболее типичных градостроительных условий. Теоретическая значимость работы заключается, в первую очередь, в установленной на основе доказательной базы исследования целесообразности перехода к преимущественно малоэтажному строительству в определенных градостроительных условиях. Это касается малых и средних городов, пригородных зон крупных и больших городов, а также поселений на межселенных территориях. Определено перспективное направление, учитывающее требования устойчивого развития – «зеленый урбанизм». Новыми являются

предложенные авторская модель и базовые принципы формирования малоэтажной застройки на основе эффективного применения инновационных локальных, автономных и смешанных инженерных систем и технологий жизнеобеспечения с использованием альтернативных источников энергии.

По результатам исследований автором подготовлено более 10 публикаций. Результаты обобщены и вынесены на защиту диссертации на соискание ученой степени доктора архитектуры по специальности 05.23.22 – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов. Издана монография «Основы развития малоэтажного градостроительства».

10. Восстановление Воскресенского собора Ново-Иерусалимского монастыря (Авторский коллектив: академик РААСН, к. арх. А.П. Кудрявцев (научный руководитель); член-корреспондент РААСН, д. арх. А.С. Щенков; член-корреспондент РААСН, д. иск. М.В. Нащокина)

Восстановление Ново-Иерусалимского ставропигиального мужского монастыря XVII–XX веков является уникальным явлением в истории реставрации и реконструкции выдающихся памятников истории и культуры России. Созданный как реализация проекта «русской Палестины» патриарха Никона, неповторимого по своим архитектурно-ландшафтным качествам, он был взорван во время немецко-фашистской оккупации и долгое время находился в руинированном состоянии. Начиная с 2010 года начинается и реализуется под эгидой Благотворительного фонда научно-обоснованное восстановление элементов ансамбля, среди которых особенно масштабно возрождение Воскресенского собора, освящение которого Патриархом Московским и Всея Руси Кириллом состоялось в 2016 году. Для научно-методического сопровождения проектирования и реализации был создан Экспертный совет при президенте Совета Благотворительного фонда, в состав которого вошли академик РААСН А.П. Кудрявцев (заместитель председателя), члены-корреспонденты РААСН М.В. Нащокина, А.С. Щенков, постоянно принимавшие участие в работе Совета, принятии конкретных методических, градостроительных, архитектурных и художественных решений.

11. Музейный комплекс «Куликово поле» (Научное руководство и координация: член-корреспондент РААСН, к. арх. С.В. Гнедовский)

Перед проектировщиками стояла крайне сложная и ответственная задача. С одной стороны, было необходимо найти достаточно яркое и выразительное объемно-пространственное решение для здания, призванного воплотить образ исторического события, имеющего важнейшее национально-историческое значение. С другой стороны, архитектура не должна была доминировать в едином ансамбле музея-заповедника «Куликово поле», для которого простор и пустота самого поля является важнейшим элементом, воплощающим память места. Авторскому коллективу удалось создать метафору грандиозного события, но при этом удержаться от литературности, ненужных и лишних ассоциаций. Музейный комплекс не нарушил великолепное пространство Куликова поля, не помешал пейзажу, открывающемуся со смотровой площадки. Представленная

работа отмечена Российской национальной премией по архитектуре «Хрустальный Дедал».

12. Североευропейские влияния в деревянном зодчестве Русского Севера XVI – XVIII веков (Научное руководство и координация: советник РААСН, к. арх. А.Б. Бодэ)

Проведенные научные исследования были нацелены на выявление общих особенностей в деревянном зодчестве Русского Севера и стран северной Европы, чему способствовали торговые связи, имевшие место в Средневековье. Тема архитектурных взаимовлияний в пространстве всего европейского севера до сих пор не разрабатывалась ни российскими, ни зарубежными учеными.

Выявлены возможные отголоски североευропейских влияний, которые происходили во время самостоятельности Новгорода через Балтийское море. Они выражены в характерных особенностях деревянных храмов северо-западных областей XVI–XVII веков. Более поздние и конкретные архитектурные формы, присутствовавшие в архитектуре Поморья конца XVI–XVIII веков, также свидетельствуют о культурных влияниях, сопутствовавших торговле через северные моря. Наиболее важным выводом исследования является то, что северная Европа вместе с европейским севером России представляют собой территорию, пронизанную историческими культурными связями и, несмотря на наличие различных государственных образований, имеющую много общего. Работа способствует развитию культурного диалога между Россией и североευропейскими странами и формированию единого культурного пространства.

13. Монография «Северный модерн: национально-романтическое направление в архитектуре стран Балтийского моря» (Автор: почетный член РААСН, д. иск. В.Г. Лисовский).

Лисовский В.Г. Северный модерн: национально-романтическое направление в архитектуре стран Балтийского моря на рубеже XIX и XX веков / Владимир Лисовский; Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства. Санкт-Петербург: Коло, 2016. 520 с.: ил.

В данной книге обобщены результаты, полученные в ходе выполнения исследований, проведенных в соответствии с планом научных работ НИИТИАГ. Эти исследования были предприняты с целью расширения сегодняшних представлений об архитектуре стран Балтийского моря, относящейся к эпохе модерна и до настоящего времени остающейся изученной относительно мало. Соответствующий географический ареал составили страны и регионы, объединенные Балтийским морем (Финляндия, Скандинавия, северная Германия, Прибалтика, Северо-Запад России). В прошлом указанные территории объединялись и общей «ганзейской» судьбой, что оказало заметное влияние на их культурную эволюцию. В ходе решения задач, поставленных в работе, удалось охарактеризовать вклад архитектурных школ разных стран в решение родственных творческих проблем и в значительной мере прояснить вопрос об их взаимном влиянии. В общий контекст включены самые полные к настоящему времени сведения о том варианте петербургского модерна, который принято

называть северным модерном. Показано, что в практике северного модерна получили отражение основные особенности национального романтизма, утвердившегося в качестве доминирующего стилистического направления рубежа XIX и XX столетий в странах Северной Европы. Книга содержит достаточно подробный композиционно-стилистический анализ нескольких сотен памятников архитектуры. Их систематизация осуществлена с учетом различий по местонахождению (а, следовательно, и по национальной принадлежности), выполняемой функции и историко-архитектурному значению. Следует подчеркнуть, что в имеющейся литературе столь широкий охват материала, относящегося к Балтийскому региону, по-видимому, аналогий не имеет. До настоящего времени внимание авторов историко-архитектурных трудов на близкие темы привлекали в первую очередь самые характерные и крупные сооружения (получившие поэтому и достаточно широкую известность), в то время как относительно второстепенные объекты, а также рядовая, или фоновая, городская застройка оказывались фактически вне поля зрения исследователей. В данной работе сделана попытка в какой-то мере сбалансировать представления об обеих группах памятников. Это дало возможность показать более полной общую картину наследия национального романтизма и при этом акцентировать внимание читателя на градостроительном аспекте изучаемой проблемы.

В книге сформулированы некоторые концептуальные соображения, касающиеся общего взгляда на стиль модерн как на своеобразное художественное явление. Выполненная работа может не только способствовать дальнейшему развитию историко-архитектурной науки, но и содействовать укреплению культурных контактов с соседними странами, помогать налаживанию согласованной с ними деятельности в области изучения и охраны ценного архитектурного наследия.

В качестве приложения книга содержит краткие биографические сведения о 79 архитекторах разных стран, работавших в русле национального романтизма.

14. Региональные особенности и общие закономерности развития высотных зданий (Научное руководство и координация: член-корреспондент РААСН, д. арх. А.В. Коротич)

Результатом проведенных научных исследований является определение региональных тенденций и общих предпосылок исторического развития архитектурных форм высотных зданий стран Ближнего Востока (ОАЭ, г. Абу Даби), Южной Кореи, Казахстана и Азербайджана, а также установление основных научных закономерностей структурно-компоновочной организации архитектурных форм высотных зданий, имеющих общее пирамидальное очертание.

Созданы новые предпроектные концептуальные решения высотных объектов.

В авторских концептуальных проектных предложениях раскрываются композиционные возможности полученных архитектурных форм объемов для различных типов высотных зданий и сооружений. Инновационный потенциал – представление перспективных проектных и патентных предложений зданий и сооружений на основе разработанных форм высотных оболочек.

ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ

Сведения об основных направлениях фундаментальных и прикладных исследований в области наук об образовании

Образование – один из основных источников социализации детей и молодежи, важнейший ресурс формирования и умножения человеческого капитала как главного богатства России и основа развития инновационной экономики, фактор формирования этнической и гражданской идентичности. Это определяет социальную значимость исследований по ведущим направлениям развития психолого-педагогических и других наук об образовании, которые выполнили в 2016 году федеральные государственные бюджетные научные учреждения (далее – ФГБНУ), подведомственные Минобрнауки России: Институт стратегии развития образования РАО, Психологический институт РАО, Институт изучения детства, семьи и воспитания РАО, Институт возрастной физиологии РАО, Институт коррекционной педагогики РАО, Институт художественного образования и культурологии РАО, Институт педагогики, психологии и социальных проблем, Институт управления образованием РАО. Они ориентированы на системное и междисциплинарное научное обеспечение государственной политики в области модернизации образования, поддержки современной семьи и детства, реализации Стратегии развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года, Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2020 года, Стратегии государственной культурной политики на период до 2030 года, Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, Доктрины информационной безопасности Российской Федерации, Концепции развития дополнительного образования детей, Концепции развития математического образования в Российской Федерации, Концепции преподавания русского языка и литературы в Российской Федерации и других документов, задающих вектор научным исследованиям.

В соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2012 года № 2237-р, в части исполнения Российской академией образования (новая редакция: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 октября 2015 года № 2217-р) и приоритетными направлениями развития фундаментальных научных исследований в области образования выполнены научно-исследовательские работы по двенадцати направлениям:

«Перспективы развития педагогической науки и образования в современном обществе»;

«Тенденции и закономерности развития (психического, физиологического и социокультурного) современного ребенка на разных этапах онтогенеза»;

«Теоретические основания образовательных стандартов, программ, технологий и механизмов модернизации непрерывного образования (дошкольного, общего, профессионального и дополнительного)»;

«Информатизация образования, интеллектуального развития и социализации современного человека»;

«Теоретические основания и перспективные модели социализации и воспитания детей, молодежи в условиях современного общества»;

«Теоретические основы и практические модели поиска, выявления и развития детской одаренности в целях максимального раскрытия возможностей интеллектуального, творческого, социального, личностного потенциала растущего человека»;

«Модернизация системы помощи лицам с ограниченными возможностями здоровья на основе развития отечественной научной школы специальной психологии и коррекционной педагогики и новых технологий трансляции научного знания»;

«Интеллектуализация информационных систем и технологических процессов в сфере образования»;

«Научные основы инновационного развития педагогического образования в современной России»;

«Методология и стратегия социокультурной модернизации образования»;

«Научные основы управления образованием в меняющемся мире»;

«Теоретико-методологические основы структурирования и развития профессионального образования разных уровней».

В ходе выполнения государственных заданий ФГБНУ провели фундаментальные и прикладные научные исследования, нацеленные на получение новых знаний в области философии образования, теоретической педагогики, общей и предметной дидактики, теории воспитания, истории образования и педагогики, педагогической компаративистики, теории и методики педагогических измерений, психологии и возрастной физиологии, специальной психологии и коррекционной педагогики, социологии, культурологии и информатизации образования, социальной педагогики.

Научно-исследовательские работы в области *возрастной физиологии* были направлены на изучение в комплексных физиологических, нейрофизиологических, нейропсихологических и психофизиологических исследованиях возрастных и индивидуальных особенностей функционирования основных физиологических систем, обеспечивающих адаптивное функционирование организма у подростков 13–14 лет, их познавательного развития на очередном этапе пубертатного периода, характеризующегося значительными биологическими и социальными преобразованиями и особой чувствительностью к факторам окружающей среды.

В рамках фундаментальных исследований получены новые данные о половых и индивидуально-типологических особенностях формирования интегративных

функций мозга и механизмов физиологических систем организма (эндокринной, мышечной, дыхательной, сердечнососудистой, ЦНС), за счет которых обеспечивается адаптация организма подростков к школьным нагрузкам.

Проведенный в ходе изучения *закономерностей морфофункционального созревания мозга, нейрофизиологических механизмов когнитивных процессов и познавательной деятельности детей и подростков* анализ нейрофизиологических и поведенческих показателей функционирования регуляторных систем мозга выявил нелинейный и разнонаправленный характер их изменений на протяжении предподросткового возраста. В междисциплинарных электрофизиологических (ЭЭГ) и нейропсихологических исследованиях установлено, что у подростков 13–14 лет наблюдаются снижение функциональных возможностей корково-подкорковых регуляторных систем мозга, участвующих в обеспечении подготовки к будущей деятельности, трудности удержания значимой информации в рабочей памяти и снижения произвольной регуляции функционального состояния, что часто приводит к трудностям обучения и может являться причиной проблем социального взаимодействия и девиантного поведения. Выявлены особенности нейро-глио-сосудистых взаимоотношений в структуре коры больших полушарий и коры мозжечка детей, которые свидетельствуют о разных темпах развития функционально и филогенетически отличающихся полей и областей коры большого мозга и коры мозжечка детей 13–14 лет.

Изучены возрастные, половые и индивидуальные особенности развития психофизиологических функций вербального и невербального интеллекта, речи подростков 13–14 лет, проведена оценка фоновой ритмики ЭЭГ, вегетативной регуляции сердечного ритма, выявлены особенности функциональной организации мозга при зрительно-пространственной деятельности, особенности околomotorной активности при чтении текстов с разных носителей. Показана ведущая роль зрительно-пространственного восприятия в целостной интеллектуальной деятельности – письмо, чтение, счет.

В ходе изучения половозрастных и индивидуальных особенностей физического развития, соматического и психического здоровья подростков 13–14 лет установлены наиболее часто встречающиеся симптомы неврологических отклонений и факторы риска в их развитии.

Проведен анализ учебной, внеучебной и общей нагрузки, режима дня обучающихся при интеллектуальных нагрузках повышенной интенсивности, создана электронная платформа для проведения мониторинга, разработано содержание он-лайн курса для педагогов и психологов «Здоровье школьника».

В рамках исследований *психологических закономерностей когнитивного и личностного развития человека в современных макро- и микросредовых условиях* впервые на российской выборке получены данные о природе индивидуальных различий когнитивных способностей у подростков 15–17 лет. Показано, что индивидуальные различия когнитивных способностей у подростков 15–17 лет объясняются влиянием аддитивных генетических факторов (24%),

факторов общей среды (52%) и факторов индивидуальной среды (23%). Кроме того, выявлено, что когнитивные способности (невербальный интеллект) являются значимым предиктором показателей математической успешности в старшем школьном возрасте. В старшем школьном возрасте различные типы математических заданий и формы оценки успешности в обучении математике задействуют различные когнитивные ресурсы обучающихся.

Показано, что развитие осознанной саморегуляции является предиктором успешности и надежности действий человека, а также медиатором влияния его личностных особенностей на продуктивные аспекты деятельности в психологически напряженных условиях. Проведена апробация модели адаптивного/дезадаптивного перфекционизма в модели Р. Слейни, актуальная для профилактики (ауто)агрессивного поведения подростков и юношей. Выявлены половые различия в проявлении физической агрессии (мальчики-подростки), враждебности (девочки-подростки), неспособности соответствовать аутостандартам (девочки-подростки), склонности к промедлению (девочки-подростки).

В 2016 году продолжены работы по созданию портрета современного ребенка (социокультурного, психологического, социологического). Проведен сравнительный анализ изменений в структуре и содержании социокультурной идентичности детей, подростков и молодежи в течение последних пяти лет. Показано, что изменения характеризуются одновременным увеличением количества компонентов, входящих в социокультурную и групповую идентичность, и повышением значимости личностной составляющей в общей структуре идентичности. Выявлены существенные риски становления идентичности в мультикультурном пространстве: амбивалентное влияние мультикультуры снижает толерантность к неопределенности и тем самым препятствует развитию гармоничной социокультурной идентичности. Неопределенность и изменчивость мультикультурного пространства увеличивают гетерохронность социокультурной идентичности.

Изучен вопрос о соотношении культурно-лингвистического и лингво-психологического контекстов развития индивидуальности в онтогенезе. Установлено, что данные контексты, с одной стороны, находятся в оппозиции к педагогическому процессу изучения родного и иностранных (вторых) языков в семье, а с другой – существенным образом дополняют этот процесс. Выявлены психологические (культурно-исторические, возрастные, семейные, метасемейные, коррекционные) условия развития индивидуальности ребенка в лингвистическом контексте. Исследовано соотношение природно-биологических, социобиологических и культурно-исторических факторов развития индивидуальности ребенка в лингвистическом контексте.

Исследованы теоретико-концептуальные основы проблемы взаимосвязи эмоционально-смысловой сферы и самосознания применительно к старшему дошкольному возрасту. Проведено экспериментально-психологическое исследование специфики диагностики эмоционально-смысловой сферы в структу-

ре самосознания ребенка 6-го года жизни как диагностики типа переживания (его динамики), определяющей содержание и структуру самосознания ребенка. Разработана, обсуждена и апробирована методика диагностики «Образа Я» в структуре самосознания у детей 6-го года жизни. Показано, что на 6-м году жизни только небольшая часть детей использует разнообразные средства обобщения переживаний и их интенсивной внутренней переработки. Выделены три группы факторов, влияющих на переживания отношения к себе у старших дошкольников.

При определении *психологических оснований выявления, развития и поддержки общей и специальной одаренности детей и молодежи* апробирована новая технология развития способности учителя распознавать и положительно оценивать творческие проявления учащихся 3–6 классов: творческая активность, гибкость, оригинальность и самостоятельность решений. Учителя, участвовавшие в тренинге, в большей мере поощряли творческие решения и инициативу учеников, чем их коллеги, не прошедшие соответствующего обучения. Показана ошибочность использования результатов олимпиад в качестве основного критерия одаренности младших школьников. Данные результаты определяются, прежде всего, уровнем развития интеллекта, но не отражают мотивы участия ребенка в соревновании. Взаимодействие с ребенком в форме обращенных к нему вопросов, требующих однозначного ответа, не развивает его поисковой самостоятельности, которая является одним из основных показателей развития мышления и активности личности.

В процессе изучения *развития теоретико-методологических основ отечественной научной школы дефектологии в меняющемся социокультурном пространстве* проанализированы, систематизированы и отобраны актуальные современные исследования в области *специальной психологии и коррекционной педагогики*, развивающие традиции отечественной научной школы в разных областях дефектологии, создающих новые направления и открывающих новые возможности помощи детям с ограниченными возможностями здоровья. Осуществлена трансформация отобранных произведений в современные технологичные формы трансляции научного знания. Проведен отбор и уточнение дефиниций базовых терминов дефектологии, выступающих в качестве опорных конструкций архитектуры разработанного электронного терминологического словаря. Определены принципы организации и презентации актуальных взаимосвязей между базовой и развивающейся надстроечной терминологией. Полученные результаты способствуют трансляции отечественных научных традиций в современные исследования в области специальной психологии и коррекционной педагогики, обеспечивают преемственность при подготовке специалистов в этих областях знания, а также повышение профессиональной квалификации психологов и педагогов, работающих с детьми с ОВЗ в условиях инклюзивного образования.

В рамках определения *путей и форм модернизации дошкольного, школьного и профессионального образования лиц с ограниченными возможностями*

здоровья в современных социокультурных условиях представлены результаты анализа и систематизации современных клинико-психолого-педагогических характеристик дошкольников с нарушениями слуха, зрения, речи, интеллекта, проанализированы и описаны ресурсы и специальные условия их психосоциального развития. Определены, научно обоснованы, описаны основные образовательные маршруты для детей с задержкой психического развития (ЗПР), с расстройствами аутистического спектра (РАС), выявлены возможные условия реализации особых образовательных потребностей указанных категорий детей в различных образовательных учреждениях. Обобщены результаты изучения и формирования саморегуляции в условиях познавательной деятельности у старших дошкольников и младших школьников с ЗПР. Представлены также результаты изучения особых потребностей глухих студентов, получающих среднее профессиональное образование, в использовании жестового языка в образовательном процессе. Проанализировано современное состояние профориентации детей с нарушением зрения, обучающихся в различных образовательных организациях. Изучены условия и факторы профессиональной самореализации слепых и слабовидящих.

Результаты в своей совокупности обеспечивают научно-методическую поддержку введения в образовательную практику с 1 сентября 2016 года «Федеральных государственных образовательных стандартов начального образования обучающихся с ограниченными возможностями здоровья», санкционированного Минобрнауки России. Кроме того, часть результатов будет использована для оптимизации условий образовательной и социальной интеграции инвалидов (лиц с нарушением слуха и нарушением зрения) на этапах получения среднего и высшего образования.

В исследованиях *ранней психолого-педагогической профилактики инвалидизации детей с ограниченными возможностями здоровья* представлены вариативные модели системы ранней помощи с учетом специфики региональных условий и факторов, разработана региональная базовая модель социального партнерства системы ранней помощи с системой здравоохранения и социальной защиты населения. Определены основные положения профилактики и коррекции нарушений в развитии общения и речи детей раннего и дошкольного возрастов с синдромом Дауна. Обобщены содержание и методы коррекции нарушений во взаимодействии родителей со слепым младенцем. На основе анализа современных научных достижений педагогики, психологии, педиатрии систематизированы и описаны организация и методы выявления детей группы высокого риска развития нервно-психических нарушений.

Полученные результаты предназначены для оптимизации стратегических решений в управлении образованием на региональном уровне в области планирования деятельности в системе ранней помощи детям с ОВЗ, для обеспечения современного качества профессиональной деятельности специалистов системы ранней помощи, для подготовки специалистов в вузах, в системе повышения квалификации работников образования.

В соответствии с приоритетными направлениями исследований в области наук об образовании выполнялись фундаментальные и прикладные научные работы по педагогике.

В области истории отечественного образования осуществлен историко-теоретический анализ стратегий развития педагогики и школы Российского Зарубежья в 1930–1950 гг.; исследован процесс разработки и реализации политехнического образования в средней школе в 1930–1950 гг.

На основе рассмотрения 200 учебников для начального обучения первой половины и середины XVII столетия в Чехии, Польше, Германии, Англии проанализировано возникновение и формирование школьной учебной книги как дидактического жанра, представлена педагогическая природа, потенциал, закономерности дальнейшего развития, выявлены степени единства, вариативности, специфики материала в составе элементарных учебников разных регионов Европы; выделены европейские модели ранних пособий по научению грамоте, прежде всего латино-, англо-, польско- и немецкоязычных учебников.

В научно-исследовательских работах по педагогической компаративистике рассмотрены зарубежные теории обучения с позиции категории «развитие», приведены современные направления компаративных исследований образовательного пространства, рассмотрена проблема интерпретации инноваций в мировом образовательном пространстве в эпоху медиа.

Проведены фундаментальные исследования *в области теоретической педагогики*. Продолжена разработка теоретического базиса, понятийного аппарата и исследовательского инструментария педагогической семиологии – нового направления в педагогике. В результате подготовлена концепция структурно-содержательного анализа образовательного дискурса с учетом разработок в языкознании и когнитивной лингвистике; разработана критериальная система семиологической экспертизы учебников для школы и вузов, которая позволяет осуществлять лингвокогнитивный анализ конкретных учебных материалов, проводить их диагностику.

Разработаны модели систем непрерывного образования в современных условиях, обеспечивающие реализацию индивидуальных образовательных траекторий путем содержательной и уровневой дифференциации образовательных программ в контексте профильной специализации с учетом специфики региона и образовательной организации, а также в соответствии с международным опытом и федеральным законодательством в области образования.

На базе инновационных образовательных учреждений российских регионов (гг. Новосибирск, Санкт-Петербург, Салават, Челябинск, Ижевск), а также опыта образовательных учреждений разного типа Англии, Германии, Финляндии, Франции разработана структурно-функциональная модель формирования социально ориентированной личности. Содержательно раскрыты компоненты модели: целевой, содержательно-деятельностный (педагогические условия, формы, методы, средства и поэтапная инициация) и оценочный, в который входят уровни и критерии сформированности социально ориентированной лично-

сти. Выделены общие (независимо от нозологии) и частные (неизбежно возникающие в соответствии с видом нарушения) проблемы обучения подростков и молодежи с ОВЗ и инвалидностью в колледже.

Проведена философско-педагогическая концептуализация понятия «российские традиционные ценности». Разработано программно-методическое обеспечение инновационной обязательной предметной области «Основы духовно-нравственной культуры народов России» (ОДНКНР) в 5–9 классах общеобразовательных организаций. Выявлен потенциал поликультурной образовательной среды и роли художественной деятельности в ее создании. Традиционные (фольклорные) культуры народов Российской Федерации рассмотрены с позиций единства инвариантной общности мифологических структур, значимых для воспитания патриотизма и межэтнической толерантности.

В исследованиях научных основ семейной политики как ресурса развития воспитательного потенциала института семьи сформированы концептуальные основы и подходы к мониторингу оценки эффективности государственной семейной политики как механизма развития воспитательного потенциала семьи и его методика. Выявлены показатели эффективности реализации мероприятий в рамках осуществления семейной политики и индикаторы эффективности мониторинга семейной политики, охватывающие реализацию мероприятий по комплексу направлений Концепции государственной семейной политики в Российской Федерации на период до 2025 года.

В научно-исследовательских работах в области содержания и методов *общего образования* впервые со времени внедрения федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования (ФГОС НОО): охарактеризованы требования к отбору объектов итогового контроля предметных и метапредметных достижений младшего школьника – выпускника начальной школы; представлена номенклатура объектов контроля достижений младшего школьника за период обучения; подготовлены научно-методические рекомендации по организации процесса формирования предметных и метапредметных результатов; разработана система заданий, обеспечивающих достижение планируемых результатов обучения; обоснованы критерии оценки достижений учащихся, описаны возможные модели итоговой оценки предметных и метапредметных результатов.

Выявлены причины затруднений в реализации федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования (ФГОС ОО), испытываемых педагогами и обучающимися (недостаточное понимание требований современного стандарта, отсутствие методических материалов по усвоению новых элементов содержания образования, неразработанность средств контроля результатов, неготовность учителей к самостоятельному конструированию новых образовательных областей учебных программ и материалов, требуемых стандартом). Разработана система заданий для естественнонаучных и гуманитарных дисциплин, обеспечивающих достижение планируемых результатов и их оценку; сформулированы методические рекомендации.

Разработаны методики реализации воспитательного потенциала естественнонаучных и социально-гуманитарных дисциплин, формирования метапредметных понятий и умений (с широкой сферой применения) в курсах истории, обществознания, географии (в обсуждении и апробации приняли участие 11 субъектов РФ – более 2500 респондентов).

Определены критерии оценки качества непрерывного художественного образования в контексте требований модернизации системы образования. Разработаны педагогические технологии и методы формирования универсальных учебных действий на уроках искусства, поддерживаемые дидактическим сопровождением.

В результате исследования основ формирования культуры здоровья школьников выявлены основные источники и факторы процесса формирования культуры здоровья и определены методы формирования культуры здорового и безопасного образа жизни в содержании общего образования, что служит основой для создания модели содержания общего образования, ориентированного на формирование культуры здоровья, позволяет на основе достижения личностных и предметных результатов формировать ценностное отношение к здоровью на всех ступенях обучения. Определены методики формирования грамотности по вопросам здоровья и здоровьесбережения при изучении естественнонаучных предметов.

В работах по формированию естественнонаучной грамотности: проведены диагностические исследования уровня естественнонаучной грамотности (по аналогии с международным исследованием PISA) в ряде школ (Раменский район Московской области, г. Москва и др.). В результате диагностики выявлены основные проблемы естественнонаучного образования на ступени основного общего образования и определены направления совершенствования методов обучения естественнонаучным предметам и обновления содержания образования. В исследовании также выявлена необходимость восстановления непрерывного характера школьного естественнонаучного образования путем введения интегрированного курса «Естествознание. 5–6 класс» на важнейшем этапе формирования у обучающихся исследовательских умений и основ научного мировоззрения. Такой курс существует во всех зарубежных школах в виде предмета Science и существовал в российской школе до 2009 года, когда был выведен из учебного плана новым стандартом ФГОС ООО. В настоящее время он заменен на 1-часовые предметы «биология» и «география», недостаточно эффективные для формирования основ мировоззрения и общих для всех естественных наук умений.

В 2016 году начато создание научно-методического обеспечения формирования и оценки читательской грамотности на основе российского и зарубежного опыта (исследований PISA и PIRLS). Охарактеризованы факторы, влияющие на уровень сформированности читательской грамотности подросткового поколения, проведен анализ и обобщение подходов к оценке читательской грамотности в рамках международных исследований PIRLS и PISA.

Проанализированы используемые тексты в действующих в современной школе учебно-методических комплексах по обществознанию и естественнонаучным предметам. Создана классификация учебных текстов для использования в начальной и основной школе. Дано описание заданий к текстам, направленных на формирование читательской грамотности обучающихся; на конкретных примерах показаны возможности работы с текстами и заданиями к ним в контексте решения задач развития читательской грамотности. Разработаны методические рекомендации по совершенствованию читательской грамотности обучающихся в начальной школе, а также на уроках русского языка и литературы, математики, обществоведческих и естественнонаучных предметов в основной школе, адресованные учителям, руководителям общеобразовательных организаций, представителям системы повышения квалификации и педагогического образования и предназначенные для оценки сформированности читательской грамотности обучающихся.

В целях определения *теоретических оснований и форм выявления и развития художественной одаренности детей и подростков* разработана педагогическая модель художественно-творческого развития детей средствами изобразительного искусства. Модель включает критерии отбора произведений современного изобразительного искусства для художественно-эстетического развития дошкольников и основания психолого-педагогического сопровождения творческого самоопределения обучающихся. Определены основы и разработаны педагогические технологии развития художественной одаренности детей и юношества с использованием ИКТ.

При разработке *проекта изменений воспитательного компонента федеральных государственных стандартов общего образования* описан воспитательный потенциал общего (начального, основного и среднего) образования в современных условиях и разработаны конкретные предложения по усилению воспитательного компонента федеральных государственных образовательных стандартов. Личностные результаты ФГОС представлены как наиболее тесно связанные с решением воспитательных задач, отражающих сформированность у обучающихся системы социально позитивных ценностных отношений и способов действий в соответствии с теми направлениями, которые сформулированы в Стратегии развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года. Закреплены положения о недопустимости требования от каждого обучающегося конкретных достижений при проведении оценки личностных результатов воспитательной деятельности. Определены разделы программы воспитания, ключевые социокультурные и духовно-нравственные ценности, на основе которых должна быть построена программа воспитания. Уточнены необходимые ориентиры для школ, разрабатывающих свои образовательные программы, в том числе и программы по воспитанию.

В ходе разработки принципов *психолого-педагогического сопровождения реализации ФГОС основного общего образования* проведен анализ содержания профессиональной деятельности педагогов-психологов основной школы.

Показано, что их деятельность ориентирована преимущественно на достижение формальных результатов обученности и не содействует решению задач возрастного развития, без учета которых не могут быть созданы благоприятные условия для достижения конкретных образовательных и воспитательных результатов учебной деятельности. Выделены приоритетные направления деятельности педагога-психолога, отвечающие основным задачам возрастного развития учащихся подросткового возраста. Разработаны и апробируются примерные комплекты диагностических и коррекционно-развивающих программ.

Разработаны: требования к составу, функционалу и структуре школьных кабинетов нового поколения; методические рекомендации по организации и проведению внутришкольного мониторинга качества общего образования в соответствии с ФГОС; модели заданий для оценки способности учащихся применять знания в ситуациях, приближенных к реальным. *В целях эффективной реализации ФГОС* разработаны и апробированы: институциональная модель управления реализацией ФГОС общего образования; психолого-педагогическая модель готовности педагога к реализации ФГОС общего образования; модель управления профессиональным развитием педагога в период введения ФГОС.

Для обеспечения инновационной направленности деятельности, программ развития общеобразовательных организаций: проведен анализ инновационной деятельности общеобразовательных организаций и выявлены проблемы их развития; разработаны модель и методический инструментарий развития общеобразовательных организаций на основе программно-целевого метода; предложены программа и инструментарий модернизации механизмов управления инновационной деятельностью образовательных организаций; создана концепция и разработан научно-методический инструментарий повышения качества инновационной деятельности педагога.

В исследованиях проблем *профессионального образования* в ходе разработки теоретико-методологических оснований и инновационных моделей профессиональной подготовки и переподготовки специалистов сформулированы базовые концепты разработки и реализации динамической модели реформирования профессионального образования в условиях высокой турбулентности экономико-социальной сферы. Определены основания типологии моделей управления развитием образовательных систем и структур, позволяющие осуществить анализ текущего состояния и потенциала развития образовательной организации в рамках временного цикла (строить простейшую шкалу измерений) на основе идеи и принципов итерационного подхода.

В целях создания *проектно-целевых механизмов реализации федеральных государственных образовательных стандартов среднего профессионального образования (ФГОС СПО)* обоснованы концептуальные идеи проектно-целевого подхода к разработке технологий формирования гуманитарной компетентности будущего специалиста: признаки; функции; принципы применения данных технологий в процессе реализации ФГОС СПО. Представлены результаты разработки диагностического инструментария оценки инновационных технологий

проектно-целевого подхода к обеспечению ФГОС СПО в преподавании гуманитарных дисциплин в соответствии с критериями формирования гуманитарной компетентности и принципами мониторингового исследования. Разработаны классификационные характеристики технологий проектно-целевого подхода к реализации ФГОС СПО в преподавании дисциплин гуманитарного цикла.

В процессе определения *поликультурных оснований и дидактического обеспечения содержания профессионального образования* установлено, что отбор технологий реализации естественнонаучной и профессиональной подготовки в СПО происходит на основе методологических требований – концептуальности, системности, эффективности, воспроизводимости, управляемости, и имманентных свойств технологий – адаптивности, эффективности, вариативности. Разработаны критерии и обоснована процедура оценки эффективности инновационных технологий обучения естественнонаучным и профессиональным дисциплинам в зависимости от профиля и уровня подготовки специалиста в современных условиях.

Разработана модель научно-методического обеспечения профессиональной ориентации обучающихся в условиях научно-образовательного кластера, состоящая из аналитически-целевого, теоретико-методологического, содержательно-технологического, критериально-результативного блоков, позволяющая охватить все направления работы администрации, руководителей структур и подразделений научно-образовательного кластера в целях эффективной организации процесса профессиональной ориентации учащейся молодежи. Осуществлен отбор и структурирование комплекса мероприятий (введение курсов; конкурсы профессионального мастерства, в том числе, WorldSkills; организация летнего трудоустройства школьников по профилю и др.), направленных на обеспечение процесса профессиональной ориентации в условиях научно-образовательного кластера.

В исследованиях *научных основ инновационного развития педагогического образования в современной России* разработаны прогностические модели непрерывного педагогического образования: «Творческий, самостоятельный, рефлексивный учитель» и дидактическая деятельностная модель подготовки педагога профессионального обучения, не имеющего педагогического образования (профессиональный стандарт «Педагог»).

Исследованы и показаны возможности моделей сетевого взаимодействия кластерного типа для организации неформального образования педагогических кадров в условиях традиционной системы повышения квалификации. Выделены принципы моделирования вариативных образовательных кластеров с учетом специфики адресатов и направленности.

Определено содержание подготовки педагогов к проектированию воспитательного процесса и оценке результатов воспитательной деятельности в контексте проектирования профессионального стандарта «Специалист в области воспитания». Разработана модульная структура дополнительной образовательной программы повышения квалификации педагогов, ориентированной

на формирование у них готовности к проектированию и анализу результатов воспитания на основе субъектного подхода. Подготовлен проект методических рекомендаций для специалистов органов управления образованием по оценке результатов воспитательной деятельности педагогов общеобразовательной организации. Определены подходы к экспериментальному моделированию процесса развития профессиональной компетентности педагогов в области воспитания в ходе педагогической деятельности.

Разработаны теоретические и практические основы повышения профессиональной компетентности педагогов по формированию позитивного родительства, рассматриваемые как особая система, включающая в себя профессионально-педагогические знания и умения, профессионально значимые личностные качества, способы и приемы реализации деятельности по формированию позитивного родительства. Разработана и подготовлена к реализации программа курсов повышения профессиональной компетентности педагогов по формированию позитивного родительства, предусматривающая повышение как общепрофессиональных компетенций педагогов, так и компетенций в области конкретной педагогической деятельности по работе с родителями обучающихся. Обоснованы традиционные и инновационные подходы к исследованиям в области семьи, родительства, семейного воспитания и сопровождения.

В исследованиях проблем *модернизации содержания и технологий непрерывного образования преподавателей вузов и научных кадров в области специальной психологии и коррекционной педагогики* дано целостное представление о содержании и методах психологической поддержки подростков и взрослых с расстройствами аутистического спектра, а также о системе работы сурдопедагога на этапе реабилитации ребенка с кохлеарными имплантами. Представлены возможности использования речевой ритмики в работе над произношением дошкольников с нарушенным слухом. Описаны и обоснованы структура и типы электронных инструментов, необходимых в обучении логопедов. Разработан подход к проектированию виртуальных профессиональных практик логопеда по освоению компетенций в сфере диагностики речевых нарушений. Предложена структурно-функциональная организация практики, основанная на системе обратной связи и позволяющая студенту оценить качество результатов его работы с ребенком.

Полученные результаты обеспечивают актуальные запросы современной практики помощи специалистам, работающим с аутичными подростками и взрослыми в консультативных, коррекционных и реабилитационных центрах, образовательных учреждениях, а также оказывающим коррекционную помощь детям с нарушением слуха. Результаты выполненной научной работы применимы для систем подготовки специалистов педагогического профиля в вузах, для системы переподготовки и повышения квалификации работников образования. Они могут служить методологической и методической основой создания электронных инструментов формирования и измерения профессиональных компетенций студентов-дефектологов разных профилей и разных уровней подготовки.

В области *информатизации образования* выявлено, что наиболее значимой угрозой информационной безопасности личности является феномен «распределенного сознания» как результат деятельности, осуществляемой прежде всего в среде Интернет. Обоснована модель, объясняющая механизм этой угрозы, которая состоит в нарушении логики в фундаментальной триаде: данные–информация–знание, а также в смещении этих принципиально различных понятий (в том числе на уровне учебных, учебно-методических материалов для образования всех уровней).

Создано и запатентовано отказоустойчивое оперативное запоминающее устройство для проведения экспертизы и сертификации педагогической продукции, реализованной на базе ИКТ.

В исследованиях *научных основ управления образованием в меняющемся мире* подтверждена обоснованность предположения о рисках превращения независимой оценки качества образования в дополнительный элемент ведомственной системы контроля и зафиксирована чрезвычайно низкая активность субъектов РФ, и особенно органов местного самоуправления, в создании условий для привлечения потребителей образовательных услуг и заинтересованных социальных групп к оценке качества образования.

В условиях обсуждения и внедрения проекта профессионального стандарта «Руководитель образовательной организации» меняются концепт отбора и формат деятельности руководителя образовательной организации любого уровня. В связи с этим актуализированы исследования по определению концептуальных оснований моделей поддержки руководителей по разным организационным уровням, по фазам карьеры, видам базового образования, стратегиям управления процессом профессионального развития руководителя образовательной организации.

Раскрыты основные тенденции развития образовательной политики государств-участников СНГ в сфере образования взрослых; охарактеризованы национально-региональные образовательные ресурсы этой сферы, которые могут быть актуализированы для развития образовательного пространства СНГ. Социальная значимость результатов обусловлена разработкой стратегии управления развитием образования взрослых в пространстве СНГ через создание условий для развития национально-региональных ресурсов и механизмов реализации непрерывного образования и просветительской деятельности, направленной на формирование у человека жизненных установок и моделей поведения, адекватных цели инновационного развития.

Важнейшие результаты

1. Междисциплинарные исследования: экспериментально-психологические, нейрофизиологические и электроэнцефалографические

Междисциплинарные исследования (экспериментально-психологические, нейрофизиологические и электроэнцефалографические) различных компонен-

тов произвольной организации познавательной деятельности и функционального состояния регуляторных структур мозга у подростков 13–14 лет выявили: у подростков 13–14 лет по сравнению со взрослыми и детьми 10–12 лет снижены функциональные возможности корково-подкорковых регуляторных систем мозга, участвующих в обеспечении подготовки к будущей деятельности, удержании значимой информации в рабочей памяти и произвольной регуляции функционального состояния.

Согласно данным электроэнцефалографического (ЭЭГ) анализа одной из причин выявленных возрастных особенностей является неоптимальное функционирование лимбических структур мозга – ключевого звена системы мотивационно-эмоциональной регуляции.

В области фундаментальной науки полученные результаты дают дополнительные знания о гетерохронии развития мозговых механизмов деятельности в онтогенезе и роли различных регуляторных систем мозга в обеспечении отдельных компонентов произвольного контроля когнитивных функций у человека.

Для психолого-педагогической практики важным является понимание нейрофизиологических факторов, определяющих снижение функциональных возможностей организма при учебной деятельности, а также особенности поведения и социального взаимодействия подростков.

Полученные результаты включены в авторские курсы дисциплин «Нейрофизиология» и «Возрастная психофизиология» для высших учебных заведений психолого-педагогического профиля, а также используются в курсах повышения квалификации для специалистов в области образования, психологической и медицинской помощи детям и подросткам.

Выраженные негативные изменения в 13–14 лет наблюдаются для регуляторных систем мозга, включающих лимбические структуры, наиболее тесно связанные с процессами мотивационной регуляции поведения. Представленность ЭЭГ паттернов, отражающих неоптимальное состояние лимбических структур мозга значимо возрастает при переходе от 11–12 к 12–13, а затем к 13–14 годам ($\chi^2(3) = 25.388, p < 0.0001$). (ИВФ РАО)

2. Оценка функционального состояния учащихся

Изучена активность метаболических процессов и индивидуальные особенности васкуляризации кожных покровов на основе инфракрасного термопортрета детей младшего школьного возраста, подростков мужского пола и взрослых мужчин.

Температурные портреты поверхности тела отражают активность метаболических процессов и индивидуальные особенности васкуляризации кожных покровов. Показана высокая индивидуальная стабильность термопортрета в процессе многолетних наблюдений и одновременно широкое популяционное разнообразие температурных характеристик поверхности кожи. Высказано предположение, что часть наиболее горячих зон на поверхности кожи является отражением активности бурой жировой ткани, которая обеспечивает несокращенную

тительный термогенез при окружающей температуре на несколько градусов ниже термонейтральной.

Впервые выявлены и проанализированы возрастные изменения инфракрасного термопортрета человека в условиях привычной (комнатной) температуры, вызывающей минимальную активацию механизмов несократительного термогенеза. С возрастом температура кожи в условиях комнатной температуры (21°C) и мышечного покоя снижается, как и градиент между максимальными и минимальными температурами на выделенной поверхности кожи. Выявлены достоверные корреляции между температурными характеристиками поверхности спины и поверхности груди, ослабевающие с возрастом, что может быть следствием накопления жирового слоя, который экранирует поверхность кожи от потоков тепла из внутренних областей тела. Показана достоверная связь характеристик термопортрета взрослых мужчин с признаками телосложения.

Проводимые исследования имеют большое значение для усовершенствования методики инфракрасного дистанционного термосканирования поверхности кожи человека в интересах антропологических и физиологических исследований.

Результаты найдут применение в курсах антропологии, физиологии и спортивной генетики; в научных исследованиях в области антропологии и физиологии, а также в области профилактической медицины для скрининга и выявления энерговегетативных расстройств и признаков некоторых соматических заболеваний.

Полученные результаты использованы при подготовке методического пособия «Оценка функционального состояния учащихся при занятиях физической культурой» (2016) для системы переподготовки и повышения квалификации работников образования. (ИВФ РАО)

3. Регуляторные и личностные предикторы надежности действий и успешности достижения учебных и профессиональных целей в психологически напряженных условиях

На основе обобщения цикла исследований на выборке учащихся выпускных классов общеобразовательной школы (281 чел.) показано, что осознанная саморегуляция учебной деятельности выступает в качестве одного из факторов, значимо влияющих на эффективность и безошибочность действий учащегося в напряженных условиях экзаменационного тестирования (в форме ЕГЭ). Предикторами высоких достижений на ЕГЭ являются уровень осознанной саморегуляции и ее устойчивость в напряженных экзаменационных условиях.

Осознанная саморегуляция не только вносит значимый вклад в оценочные результаты, но и выступает медиатором, снижающим риск развития высоких уровней оценочной тревожности. Экспериментально доказана эффективность практического применения разработанной программы развития осознанной

саморегуляции как средства профилактики развития тревожности повышения безошибочности учебных действий учащихся в ситуации экзамена.

На примере экстремального вида профессиональной деятельности (спасатели ЧС, 246 чел.) показано, что осознанная саморегуляция является предиктором надежности действий человека в условиях профессионального стресса. Надежность действий профессионалов-спасателей в психологически напряженных нештатных ситуациях во многом зависит от степени развития у них профессионально-значимых регуляторных качеств: устойчивости саморегуляции и моделирования значимых ситуационных условий. Эти качества являются специальными психологическими ресурсами овладения профессией спасателя ЧС и, с этой точки зрения, могут быть использованы как показатели прогностической успешности овладения профессией.

Кроме того, доказано, что осознанная саморегуляция является медиатором, опосредствующим влияние различных личностных диспозиций на надежность действий профессионала в стрессовых условиях. (ПИ РАО)

4. Психологический портрет современного учителя

Показано распределение профессионально важных качеств, обеспечивающих эффективность педагогической деятельности (педагогический стиль, уровни эмоционального выгорания, профессиональной тревожности, открытости новому опыту) в разных типах образовательных сред: кадетские корпуса для мальчиков (1 корпус) и девочек (2 корпус), общеобразовательная школа (3 корпус), УДО «Непоседа», УДО «Мозаика», ДОУ № 738 г. Москвы. Выборка: 150 педагогов. В целом отмечено преобладание педагогического стиля «инструктор», который характеризуется высокой самоорганизацией и ответственностью в отношении учебного процесса.

Уровень эмоционального выгорания оказался выше при направленности личности на себя (преобладание мотивов собственного благополучия, удовлетворение своих притязаний), чем при направленности на дело (стремление сотрудничать с коллективом, увлечение процессом деятельности).

Большинство педагогов и воспитателей открыты новому опыту, имеют низкий и средний уровни профессиональной тревожности и эмоционального выгорания. (ПИ РАО)

5. Наследственные и средовые факторы в индивидуальных особенностях когнитивных способностей у детей 15–17 лет

Исследование общих когнитивных способностей человека имеет большое значение для современного общества. Высокий уровень интеллектуальных достижений является основой инновационного развития страны, поскольку они определяют прогресс во всех областях науки и технологии и, соответственно, лежат в основе экономического роста, технологического прогресса и инновационного развития любой страны. Когнитивные способности во многом определяют успешность человека в получении образования и, соответственно, его

успешность в современном усложняющемся технологическом обществе. Все это делает актуальным и важным изучение природы индивидуальных различий когнитивных способностей.

В исследовании приняли участие 1048 подростков (524 пары близнецов) в возрасте от 15 до 17 лет. Из них 198 пар монозиготных близнецов, 198 пар однополых дизиготных близнецов и 128 пар разнополых дизиготных близнецов. Для оценки когнитивных способностей использовалась методика «Прогрессивные матрицы Равена». Для оценки влияния наследственных и средовых факторов на индивидуальные особенности когнитивных способностей использовались методы структурного моделирования.

Анализ близнецовых данных позволил впервые получить данные о природе когнитивных способностей у подростков 15–17 лет на российской выборке. Результаты показали, что индивидуальные различия когнитивных способностей у подростков 15–17 лет объясняются влиянием аддитивных генетических факторов (24%), факторов общей среды (52%) и факторов индивидуальной среды (23%). (ПИ РАО)

6. Психолого-педагогическое сопровождение детей с задержкой психического развития

В исследовании обобщены и систематизированы результаты многолетней разработки научно-методической базы психолого-педагогического сопровождения детей с задержкой психического развития в разных образовательных средах – от структур специального образования до инклюзии в общеобразовательное пространство. Особую актуальность представляющая разработка приобретает в условиях современного этапа реформирования образования детей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), главным достижением которого является введение федеральных государственных образовательных стандартов начального образования детей. Вариативность стандартов для каждой категории детей с ОВЗ (включая задержку психического развития) определяется неоднородностью состава учащихся внутри одноименной категории и требует дифференциации детей в соответствии с вариантами их развития, на основе которых определяются образовательные маршруты детей, сообразные их образовательным потребностям и возможностям.

Предложено решение разнообразных задач, связанных, прежде всего, с совершенствованием диагностических процедур, способствующих уточнению базовых психологических характеристик данной категории детей в целом, дифференциации этой категории на качественно различающиеся варианты развития. Нарушение способности к произвольной регуляции познавательной деятельности и поведения рассматривается как неотъемлемая характеристика задержки психического развития не только в выраженных, но и в легких ее формах. Поэтому она включается в качестве особого объекта коррекционно-психологических воздействий вне зависимости от характера решаемых образовательных задач и условий обучения ребенка с задержкой психического

развития. Разработка содержит полезную теоретическую информацию по изучаемой проблеме и методические рекомендации, адресованные широкому кругу специалистов, причастных к работе с детьми, имеющими нарушения психического развития. (ИКП РАО)

7. Содержание коррекционно-развивающего обучения и воспитания детей дошкольного возраста с нарушением интеллекта

Обобщены результаты многолетних исследований области разработки научно-методического подхода к определению содержания коррекционно-развивающего обучения и воспитания детей дошкольного возраста с нарушением интеллекта. Автором описаны специфические особенности развития мышления у данной категории детей, определены пути, педагогические условия, содержание, методы и приемы формирования мыслительной деятельности, показаны перспективы специально организованной педагогической работы, способствующей повышению качества их обучения и социализации в целом.

С 1 сентября 2016 года в российскую образовательную практику введены федеральные государственные образовательные стандарты начального общего образования для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. В связи с этим существенно повышается роль дифференцированного подхода к реализации коррекционной составляющей адаптированных образовательных программ, предназначенных для детей с легкой и умеренной/тяжелой умственной отсталостью. Осуществление эффективной коррекционно-педагогической работы с такими детьми требует современного научно-методического обеспечения и повышения профессиональной квалификации педагогов-дефектологов. (ИКП РАО)

8. Социально-педагогические основания повышения профессиональной компетентности педагогов в области воспитания

Определены сущностные характеристики профессиональной компетентности педагогов в области воспитания, охарактеризованы особенности воспитательной деятельности социального педагога, старшего вожатого, педагога-организатора, воспитателя, тьютора и педагога-библиотекаря, раскрыты подходы к развитию содержания подготовки педагогов к организации воспитательного процесса и оценке результатов их воспитательной деятельности. Сформулировано содержание обобщенных трудовых функций педагогов, осуществляющих организацию воспитательного процесса в образовательных организациях и иных институтах социализации, дано описание их трудовых действий в логике организации воспитательного процесса: от проектирования – к организации воспитательного процесса, проведению мероприятий, к организационно-методическому обеспечению. Разработана модульная структура дополнительной образовательной программы повышения квалификации педагогов, ориентированной на формирование у них готовности к проектированию и анализу результатов воспитания на основе субъектного подхода; подготовлен проект

методических рекомендаций для специалистов органов управления образованием по оценке результатов воспитательной деятельности педагогов.

Новизна полученных результатов состоит в том, что впервые в истории отечественного образования разработан профессиональный стандарт «Специалист в области воспитания»; сформулированы научные основы проектирования содержания профессионального стандарта, описаны в формате трудовых функций и трудовых действий основные компоненты содержания воспитательной деятельности педагогов, определены соответствующие им профессиональные компетентности педагогов, обуславливающие содержание подготовки педагогов к воспитательной деятельности.

Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что они предназначены для применения в ходе апробации и внедрения нового профессионального стандарта «Специалист в области воспитания» в образовательных и иных организациях, имеющих лицензию на образовательную деятельность; также в системе дополнительного профессионального образования в процессе повышения квалификации и переподготовки педагогических кадров в соответствии с требованиями данного профессионального стандарта. Результаты исследования представляют собой научно-методическое обеспечение мероприятий по развитию кадрового потенциала системы воспитания в Российской Федерации в рамках Стратегии развития воспитания детей в Российской Федерации на период до 2025 года, что отражает социальную эффективность результатов исследования. (ИИДСВ РАО)

9. Жизненные и профессиональные ориентации современных учителей

На завершающем этапе изучения жизненных и профессиональных ориентаций современных учителей в 2016 году сделаны выводы, основанные на анализе материалов социологического опроса 3515 педагогов из различных регионов РФ, который был проведен в 2014 г. Исследование затрагивает широкий круг вопросов, касающихся актуальных проблем педагогического корпуса: возможности профессионального развития педагога; трудности и барьеры, которые вынужден преодолевать учитель в своей профессиональной деятельности; отношение педагогов к современной образовательной политике; отношение к собственной педагогической деятельности; проблемы общения и взаимодействия с учащимися (рис. 57).

Результаты анализа позволили сделать выводы о том, что на разных этапах профессиональной карьеры учителя происходят существенные изменения в оценке значимости тех или иных целей и мотивов профессиональной деятельности. При этом изменяется не только их иерархия, но и взаимосвязи между ними. Сделан ключевой вывод об изменении смысловой позиции педагога относительно своей деятельности на разных этапах реализации профессиональной деятельности. Особая логика профессионального становления педагога как субъекта деятельности идет от смысловых задач, связанных с передачей ученику образцов деятельности, к задачам по его личностному развитию (фор-

мированию критичности и ответственности), развитию его как субъекта учебной деятельности. Характерно, что круг смысловых задач, связанных с развитием учащихся как субъектов учебной деятельности, в массовой практике актуализируется учителем на поздних этапах профессиональной карьеры.

Материалы исследования показали, что оценка учителем своей профессиональной успешности и статуса в педагогическом коллективе школы явно проецируется на его общую жизненную позицию: оценка значимости тех или иных жизненных ценностей, жизненной успешности и удовлетворенности своим материальным положением. При этом полученные данные фиксируют высокую корреляцию между оценкой учителем своей жизненной и профессиональной успешности, что можно выразить следующим образом: «жизнь – это работа, работа – это жизнь». Принципиальное значение, на наш взгляд, имеют также результаты исследования, касающиеся влияния статуса учителя в педагогическом коллективе на взаимодействие педагога, как с учащимися, так и с их родителями. Это позволяет в совершенно новом ракурсе рассмотреть традиционный для социальной психологии и педагогики вопрос о «педагогическом авторитете». (ИУО РАО)

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 – не только ученые, но и 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.

В свою очередь фундаментальным базисом деятельности Российской академии художеств ее академики считают творческие достижения членов отде-

лений Российской академии художеств, наиболее значимые художественные 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.

Научные исследования в РАХ проводились по девяти основным утвержденным направлениям:

– *Методология и теория исторического процесса развития изобразительного искусства и архитектуры;*

– *Анализ актуальных процессов развития современной художественной культуры;*

– *Дизайн и технологии: эволюция среды обитания человека;*

– *Изобразительное искусство в контексте современного гуманитарного образования;*

– *Интеграция научного и творческого знания в процессе сохранения культурного и духовного наследия;*

– *Искусство и наука в современном мире;*

– *Искусство, наука, религия: пути познания и формы интеграции в пространстве культуры;*

– *Особенности развития техник и технологий в изобразительном искусстве, архитектуре, дизайне: история и современность;*

– *Гуманистические основы и социальные функции искусства.*

Среди актуальных задач направлений фундаментальных исследований Российской академии художеств – расширение представления о национальном своеобразии и творческих общностях в отечественном и мировом искусстве, изучение и осмысление роли российского искусства в мировом процессе художественного развития.

Российская академия художеств рассматривает как одну из наиболее актуальных проблем нашего времени исследование путей взаимодействия различных форм знаний в ареале изобразительного искусства. Данная проблема является, несомненно, одной из основных в системе фундаментальных исследований в области научного потенциала искусства.

Особое внимание в рамках формирования программы фундаментальных исследований на долгосрочный период было уделено актуальным сегодня процессам взаимодействия сферы изобразительного искусства, науки и образования по проблемам междисциплинарного характера и кросс-культурного диалога в мировом художественном пространстве, изучению динамики культурных процессов в многоплановом контексте.

Поиск новых подходов в изучении художественных направлений, существовавших в мировом пространстве и получивших яркое воплощение в искусстве России, необходимо рассматривать в контексте эволюции мирового куль-

турного процесса. Актуальным сегодня и на ближайший планируемый период является процесс обновления существующей фундаментальной базы знаний в сфере изобразительного искусства, архитектуры, дизайна за счет публикации новых источников, касающихся разных пластов художественной культуры, а также обновление существующих научных подходов.

За отчетный период сотрудниками Российской академии художеств, а также академиками и членами-корреспондентами был подготовлен целый ряд статей и научных изданий, посвященных актуальным проблемам изучения российского и зарубежного искусства разных эпох. Среди основных результатов необходимо отметить следующие исследования (рис. 58).

Актуальные исследования, посвященные мировому и отечественному культурному наследию, нашли свое воплощение в коллективной монографии «Мировая культура как ресурс устойчивого развития», изданной по материалам международного форума «**Мировая культура как ресурс устойчивого развития**», который прошел в Российской академии художеств в рамках программы фундаментальных научных исследований и юбилейных торжеств, приуроченных к 70-летию победы в Великой Отечественной войне и 70-летию ЮНЕСКО.

В рамках монографии научные исследования специалистов из разных регионов России посвящены анализу изобразительного искусства многонациональной России от Дальнего Востока до Северного Кавказа, рассматриваемого в системе культуры. Исследование предполагает применение комплексного междисциплинарного подхода в осмыслении искусства. В целом изобразительное искусство обусловлено социально-экономическими и политическими изменениями в обществе, определено исторической судьбой художественной культуры России. Таким образом, сформировано целое и частное, общее и специфическое изобразительное искусство России, рассматриваемое в призме этнической идентичности творческой личности. На многочисленных примерах авторы исследований раскрывают феномен рождения произведения современного искусства – как обращение к религиозно-мифологическим представлениям и культурной традиции народов, населяющих территорию России, служит основой для создания произведений современного искусства. В статьях анализируется феномен трансляции антропологических и экзистенциальных смыслов средствами художественного языка. Обосновывается роль минимальных элементов художественной формы в передаче фундаментальных состояний человека.

Актуальным видится и исследование возможностей включения элементов русской народной культуры в процесс художественно-эстетического образования. В контексте современного художественно-эстетического образования рассматриваются русская народная культура и ее художественно-образная выразительность. Проанализированы основные подходы к изучению русской народной культуры как этнопедагогического феномена и педагогического потенциала русской народной культуры. Обоснована актуальность реализации

педагогического потенциала русской народной культуры в развитии творческих способностей детей и подростков.

В статьях раскрываются методологические основы сравнительного изучения художественно-творческого развития детей разных поколений на основе продуктов изобразительной деятельности; определяется научная база исследования; дается сравнительная характеристика художественно-творческого развития детей России 1930-х гг. и 2013–2014 гг.

Часть научного материала составили исследования зарубежных специалистов, посвященные актуальным подходам в исследовании мирового культурного наследия. В этой связи важно отметить такие темы как межкультурный контекст при создании экспозиций в пространстве памятников культурного наследия, визуальное в межконфессиональных отношениях. В рамках исследований ученые из Армении, Азербайджана, Украины, Турции, США стремятся ответить на вопрос, что есть национальная культура – единство замкнутых в себе устойчивых качеств или совокупность взаимопроникающих и взаимодействующих систем и традиций? Подобные заключения являются ключевыми и для определения культуры вообще, и для целеполагания и планирования творческой, научной и выставочной деятельности.

Сборник рекомендован как для специалистов, так и для широкой аудитории, интересующейся вопросами современной культуры. Материалы исследования являются важным этапом в рамках комплексного изучения многонационального, многоконфессионального художественного пространства России и послужат основой для дальнейшего развития фундаментальной темы – диалога культур в художественном пространстве России и мира и роли российского искусства в этом процессе.

Фундаментальные проблемы освещаются в исследованиях, опубликованных в рамках сборника **«ИСКУССТВО и ВЛАСТЬ»** (материалы Четвертой международной научно-практической конференции) под ред. К.В. Худякова, С.А. Кузнецовой. Саратов: Буква, 2016. 364 с.

Среди наиболее важных проблем, которые нашли отражение в научных материалах, следует выделить: политизация искусства и ответственность художника перед обществом, искусство и заказ, образ российского современного искусства на Западе, вопросы взаимоотношения искусства и власти, формирование толерантности художественного сознания, культурная политика в регионах, положение художника в обществе потребления и правовое обеспечение деятельности художника, вопросы переподготовки кадров в художественном образовании, технологическая эволюция городской среды обитания человека, современные арт-проекты и визуальный облик города, Российская академия художеств в контексте структурных преобразований, инновационные модели художественного образования; субъекты, объекты и практики культурной политики; стратегии и практики институций современного искусства; проблемы охраны культурного наследия. Материалы представляют собой как фундаментальные, так и прикладные исследования, посвященные актуальным пробле-

мам развития современного искусства, архитектуры. Имея конкретную направленность и целевое назначение, исследования представляют интерес с точки зрения формирования основ культурной политики в регионах России, являются профессиональным мониторингом современного состояния отечественного изобразительного искусства и архитектуры, дизайна, новых технологий. Значительная часть посвящена проблемам развития художественного образования и основана на многолетнем педагогическом опыте художников и искусствоведов в регионах России.

Ряд исследований посвящен и основным актуальным тенденциям развития мирового искусства. Анализируются неклассические языки разных художественных направлений XX века. Их востребованность авторами видится в умении интерпретировать современный мир, превосходя исключительно рациональные основания. Важно отметить и проблему перемены общественной роли фигуративного искусства в бывших советских республиках и социалистических странах.

Материалы исследований являются крепким фундаментом для дальнейшего анализа актуальных процессов в современном искусстве, необходимы для формирования образовательных программ, могут быть использованы для разработки концепций развития регионов. Представляют интерес для художников, специалистов в области искусствоведения, культурологии, для студентов и преподавателей художественных и полиграфических вузов и ссузов, а также для всех интересующихся изобразительным искусством.

Значительным шагом в исследовании истории Российской академии художеств как правопреемницы Императорской академии художеств является книга **«Благотворительность в истории Российской академии художеств»**. С.А. Володина. Российская академия художеств. Москва, 2016 г.

В данном исследовании впервые предлагается вниманию попытка приблизить к раскрытию обширной и исключительно важной темы – человеческой личной и общественной благотворительности, многие примеры которой явила история Российской академии художеств.

На обширном историческом материале прослеживается история благотворительности в России с 1757 года по настоящее время. В исследовании собраны уникальные факты и материалы, касающиеся периода с 1757-го по 1918 год, почерпнутые из «Отчетов» и «Журналов» Императорской академии художеств, а также из двух основных изданий по истории Императорской академии: трехтомника П.Н. Петрова «Сборник материалов для истории С.-Петербургской Академии художеств за сто лет ее существования», С. Петербург, 1884 и двухтомника С.Н. Кондакова «Юбилейный справочник Императорской Академии художеств. 1764 – 1914», Санкт-Петербург, 1914. Исследовательский материал дополнен многочисленными историческими ссылками, раскрывающими роль членов императорской фамилии в становлении и развитии изобразительного искусства и художественного образования в России, особенности механизма государственного патронажа в прошлые эпохи, а также значимую роль деяте-

лей культуры и меценатов в деле поддержки и развития образования, науки и культуры страны.

Исследование в форме завершенной монографии представляет интерес не только для специалистов, но и для самого широкого круга читателей, интересующихся отечественной историей и культурой; может быть использовано как готовый спецкурс по истории искусства.

Реальный выход издания в свет – 2016 год.

«Роль Российской академии художеств в культуре России. Культура как фактор обеспечения национальной безопасности» (рис. 58). Сборник научных докладов по материалам прошедших в рамках программы фундаментальных исследований РАХ круглых столов. В первой части представлены доклады ведущих ученых и академиков РАХ, посвященные истории и деятельности Академии на современном этапе, ее роли в становлении и формировании культуры. Второй круглый стол «Культура как фактор обеспечения национальной безопасности» проведен в Российской академии художеств совместно со Счетной Палатой Российской Федерации. В материалах докладов подняты актуальные вопросы, связанные с проблематикой отечественной культуры на современном этапе.

Сборник рекомендован как для специалистов, так и для широкого круга людей, интересующихся вопросами отечественной культуры.

«Искусство и право: тенденции развития и формы интеграции». Сборник материалов Второй международной научно-практической конференции. Представлены доклады искусствоведов, юристов, правоведов, культурологов, связанные с вопросами взаимосвязи и взаимопроникновения искусства и права, проблемами правовой охраны изобразительного искусства.

Сборник рекомендован как для специалистов, так и для широкого круга людей, интересующихся вопросами отечественной культуры.

«Права авторов произведений искусства: как ими пользоваться и как защищать» – уникальное научно-методическое пособие, изданное по материалам семинаров-тренингов, которые прошли в 2016 году в Российской академии художеств. Автор цикла лекций и пособия Почетный академик Российской академии художеств, вице-президент ТСХР, практикующий художник и юрист Константин Владимирович Марков.

Сборник рекомендован для вузов творческих специальностей, художников, искусствоведов, специалистов и широкого круга людей, интересующихся вопросами правовой защиты отечественной культуры.

В рамках программы фундаментальных исследований Российской академии художеств 19 марта 2015 года в Москве прошла Научно-теоретическая конференция «Художник и книга» при поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям. Это научное событие вошло в число мероприятий, проводимых в связи с объявленным в России Годом литературы.

По результатам конференции в 2016 году издан Сборник материалов **«Художник и книга»**, в котором рассматривается широкий комплекс проблем искусства книги, связанных с оформлением книг и журналов, созданием книжной иллюстрации, разработкой книжного декора, искусства шрифта и др. в художественном и историко-культурном контексте и историческом пространстве. Большое внимание было уделено обсуждению проблем современного оформления книги.

Авторами докладов и статей, вошедших в сборник, явились: художники – члены Отделения графики РАХ, Отделения «Книжная графика», отделения «Ассоциация художников графических искусств», Московский Союз художников, искусствоведы Научно-исследовательского института теории и истории изобразительных искусств Российской академии художеств, сотрудники ведущих музеев и библиотек страны: Государственного музея изобразительных искусств им. А.С. Пушкина; Государственной Третьяковской галереи; Российской государственной библиотеки; Центра визуальной информации Российской государственной библиотеки искусств, Российской государственной библиотеки искусств (РГБИ); Научной библиотеки МГУ им. М.В. Ломоносова; Государственного литературного музея; Государственного института искусствознания; представители Центра исследования книжной культуры при Академиздатцентре «Наука» РАН, преподаватели Института графики и искусства книги Московского государственного университета печати имени Ивана Федорова; МГХПА им. С.Г. Строганова; Института государственного управления, права и инновационных технологий.

Сборник докладов по итогам научно-практической конференции **«Современный музей и частное коллекционирование»**, которая прошла в рамках программы фундаментальных исследований РАХ в 2016 году в историко-культурном центре «Вятское» в Ярославле, предоставляет возможность исследователям осветить актуальные вопросы развития современного музейного дела и частного коллекционирования.

Исследования затронули следующий тематический ряд: музей – частная коллекция: исторические ретроспекции; музеи Страны Советов: частная коллекция – государственный музей; коллекции русского искусства первой трети XX века: проблемы формирования и существования; частное коллекционирование в 1930–1970-е годы: исчезнувшие коллекции; ведущие музеи России и частное коллекционирование; собиратели и меценаты: формирование культурного наследия России (Щукин, Морозов и др.); о таланте собирательства: из истории журналов, посвященных частному собирательству; из истории Московского клуба коллекционеров; российские аукционы: зарождение, развитие и современное состояние; коллекционеры и частная коллекция в современном музее; развитие музейной коллекции: проблемы дарения; провинциальные музеи и частные коллекционеры; новые частные музеи: из истории современного отечественного музейного дела; коллекционер в пространстве художественного рынка (Кристи, Сотбис); отечественный художественный рынок и

современные проблемы коллекционирования; возникновение новых музеев: проблемы собирательства и организации; российский фонд культуры и формирование национального достояния; музей в XXI веке: новые формы и смыслы.

Важно отметить, что подобное коллективное исследование проблемы современных музеев и отечественного частного коллекционирования осуществляется впервые. К работе привлечены специалисты разных направлений от музейных сотрудников до коллекционеров, что подчеркивает междисциплинарный характер этого долгосрочного исследования.

Сборник рекомендован как для специалистов, так и для широкой аудитории, интересующейся вопросами отечественной культуры.

Особого внимания заслуживает научное исследование – книга **«Авторское стекло России – 1990–2015»**. Российская академия художеств. Фидаиль Мулла Ахметович Ибрагимов, член-корреспондент РАХ, заслуженный художник РФ, заслуженный деятель искусств РФ, член Союза художников, доцент МГХПА им. С.Г. Строганова. Москва, 2016.

Редактор-составитель издания – член-корреспондент РАХ, заслуженный художник РФ, заслуженный деятель искусств РФ, член Союза художников, доцент МГХПА им. С. Г. Строганова Фидаиль Мулла Ахметович Ибрагимов. В книгу вошли статьи об авторском стекле и декоративном искусстве К. Кантор, Н. Степанян, Л. Казаковой, Т. Княжицкой. В конце книги опубликован каталог авторов художественного стекла (75 человек), работы которых представлены в книге, а также библиографический обзор литературы о стекле.

Данное научное исследование представляет собой антологию современного российского художественного стекла, монументальный труд с описанием целой эпохи развития современного искусства стекла конца XX века и начала XXI века. В издании прослеживается развитие авторского стекла за последние 30 лет, возникновение новых стекольных направлений, новых возможностей различных художественных групп. Изданное в формате иллюстрированной монографии-альбома исследование является действенным механизмом пропаганды произведений художников стекла в России.

Книга впервые объединяет произведения стекла, выполненные в различных техниках за последние годы. Эта публикация будет интересна как для читателей, впервые сталкивающихся с авторским стеклом, студентов художественных вузов, так и для искушенных знатоков – художников, коллекционеров, историков искусства.

В рамках программы фундаментальных исследований в 2016 году Российской академией художеств была продолжена реализация научно-исследовательского и выставочного проекта **«ПРОТИВ ТЕЧЕНИЯ»**.

Теоретические исследования, а также мониторинг развития отечественного изобразительного искусства регионов России нашли свое отражение в издании альбома, посвященного результатам международного академического конкурса в сфере современного изобразительного искусства **«ПРОТИВ ТЕЧЕНИЯ»**.

В основу масштабного исследовательского проекта положена методика европейского просветителя XVII века Яна Амоса Коменского, создавшего энциклопедический труд «Мир чувственных вещей в картинках». Задачей организаторов данного проекта являлось исследование современного состояния изобразительного искусства через отражения художниками XXI века многообразия окружающего мира природы и человеческих отношений. В рамках конкурса рассматривались произведения изобразительного искусства 10 заявленных тем-объектов: Рай, Огонь, Воздух, Вода, Земля, Время, Времена года, День и ночь, Катаклизмы, Космос. В конкурсе приняли участие более 700 художников (5000 произведений) из Москвы, Санкт-Петербурга, 14 регионов Поволжья, а также Новосибирска, Томска, Екатеринбурга, Владимира, Владикавказ, Калуги, Суздаля, Ростова-на-Дону, Крыма. Лучшие из конкурсных работ представлены в арт-энциклопедии и в экспозиции передвижной выставки (Саратов–Тольятти–Уфа–Казань–Москва). Государственный музей изобразительных искусств Республики Татарстан (Казань) предоставил из своего собрания шедевры коллекции – произведения выдающегося русского художника, мастера живописи и графики Н.И. Фешина (1881–1955) – в 2016 году отмечалось 135-летие со дня его рождения.

Подобные мероприятия академического проекта направлены на развитие и укрепление межрегиональных культурных связей, взаимодействия между Российской академией художеств, столичными и региональными отделениями творческих союзов художников, художественными музеями, а также на продвижение научно-исследовательских и творческих инициатив в отечественную и мировую художественную практику.

Необходимо подчеркнуть важность выпуска альбомов-каталогов, которые знакомят с результатами образовательной деятельности уникальной программы Академии – творческих мастерских Российской академии художеств. В настоящий момент творческие мастерские являются единственным аналогом «художественной» аспирантуры, в которой молодые художники – выпускники академических вузов могут продолжить совершенствовать мастерство под руководством академиков.

В этой связи хочется отметить такие издания, как **Альбом-каталог выставки «Учителя и ученики»** в рамках Международного социального арт-проекта «Искусство, творчество, дети» Творческой мастерской живописи под руководством Ф.Г. Халикова при Российской академии художеств в г. Казань, с участием: Творческой мастерской графики под руководством А.Д. Шмаринова, Творческой мастерской скульптуры под руководством А.В. Цигаля (Москва).

Организаторы: Министерство культуры Республики Татарстан, Российская академия художеств, Государственный историко-архитектурный и художественный музей-заповедник «Казанский Кремль».

В этой связи также необходимо отметить выпуск альбома «Творческие мастерские Российской академии художеств под руководством Цигаля». Москва, 2016.

Издательский дом «ИНТЕР-ЭССЭ». Статьи: Президента РАХ З.К. Церетели, Руководителя Творческой мастерской скульптуры РАХ А.В. Цигаля.

Издание впервые представляет творчество молодых скульпторов, выпускников творческой мастерской скульптуры. В материале наглядно представлены особенности методов преподавания и направлений развития творческой личности в рамках деятельности мастерской. Впервые представлены произведения отечественных скульпторов молодого поколения, сегодня активно работающих в современном художественном пространстве.

Материал представляет интерес для институций, деятельность которых связана с художественным образованием, искусствоведов, а также широкого круга читателей, проявляющих интерес к современному изобразительному искусству.

В качестве анализа актуальных тенденций развития академического искусства XXI века и художественного академического образования на современном этапе следует отметить опубликованные монографии о творчестве отечественных мастеров – членов Российской академии художеств.

В альбоме «**Зов Афона**» представлены работы академика Российской академии художеств, заслуженного художника РФ Виктора Григорьевича Калинина, созданные в результате многократных поездок на святую гору Афон. Издание приурочено к 70-летию художника и 50-летию творческой деятельности.

Российская академия художеств в 2016 году представила **уникальную экспозицию – выставку работ двух художников, удивительных людей и необыкновенных мастеров**. Одна из них Анна Петровна Остроумова-Лебедева (1871–1955) – всемирно известный петербургский мастер ксилографии, второй – Николай Васильевич Сеницын (1912–2000) – московский художник и педагог, наследие которого, на взгляд исследователей, ждет в будущем широкая известность. Этих двух людей связывала духовная общность исключительной силы, дружба, которой трудно найти сравнение. Выставка приурочена к 145-летию со дня рождения А.П. Остроумовой-Лебедевой. Экспозиция отсылает нас к тому пласту отечественной культуры, который связан с эпохой рубежа XIX–XX веков – временем поиска нового большого художественного стиля, взлета российского искусства.

На выставке в залах Галереи искусств Зураба Церетели Академии художеств представлены более 100 произведений мастера из частных коллекций, посвященных, главным образом, Петербургу. Это знаменитые цветные ксилографии «Петербург. Крюков канал», «Петербург. Перспектива Невы», «Петербург. Нева сквозь колонны Биржи», «Петербург. Колонны Биржи и крепость», «Ленинград. Елагин мост в инее», «Петербург. Летний сад» и др., автолитографии, акварели, рисунки, работы, созданные в зарубежных поездках – Италии, Франции, Финляндии, а также широко известная серия открыток «В помощь Общины Св. Евгении» 1904–1913 гг. с изображением архитектуры Петербурга и полевых цветов.

Вторая часть экспозиции посвящена творчеству московского гравера и педагога Н.В. Сеницына – ученика А.П. Остроумой-Лебедевой, безмерно восхищав-

шегоса ее творчеством, исключительно одаренного, преданного и деятельного, бескорыстно помогавшего художнице в бесконечных житейских, деловых хлопотах. Их длительное деловое и творческое общение сопровождалось постоянной перепиской. Авторству Н.В. Синицына принадлежит монография «Гравюры Остроумовой-Лебедевой», в которой она предстает как одна из русских женщин-художниц, которую поистине следует назвать великим мастером.

Творчество Н.В. Синицына представлено 60 произведениями. Это циклы цветных и монохромных линогравюр – портреты, архитектурные памятники, пейзажи, уникальная линогравюра, посвященная ансамблю Царицыно. Экспозицию дополняют серии акварелей, в которых запечатлены виды реки Оки в ее среднем течении, Звенигород с его живописными холмами, поросшими соснами, старинными валами княжеского кремля (по-звенигородски Городка) с величественно-прекрасным Саввино-Сторожевским монастырем.

Альбом Передвижной всероссийской выставки **«ЖИВОПИСНАЯ РОССИЯ»**, 2016 г.

Организаторы: Российская академия художеств, Творческий союз художников России; при участии Поволжского отделения Российской академии художеств, Союза художников России, Амурского областного краеведческого музея им. Г.С. Новикова-Даурского, Государственного музея изобразительных искусств Республики Татарстан, Музея Российского искусства Лю Мин Сю, Новосибирского государственного краеведческого музея, Тюменского областного музея изобразительных искусств, Московской художественно-промышленной академии им. С.Г. Строганова. Проект осуществлен при финансовой поддержке Министерства культуры Российской Федерации.

Каталог выставки **«Живопись, графика, эстамп»** академика Российской академии художеств, Заслуженного художника России Александра Григорьевича Ястребенецкого, приуроченной к 60-летию со дня рождения художника. М., 2016.

Альбом – научное исследование **«Валерий Малолетков. От сердца к сердцу. Путешествие по России»**. Москва, 2016.

Автор родился в 1945 году в Киеве. Народный художник РФ, академик Российской академии художеств, профессор МГХПА им. С.Г. Строганова и Международной академии архитектуры, лауреат международных конкурсов и Премии Мэри Г. Москвы, доктор искусствоведения. Один из ведущих мастеров современного декоративного искусства России. Работает в области керамической пластики, декоративной скульптуры, графики, монументального искусства, авторской фотографии, литературы и теории современного изобразительного искусства.

Альбом. **«Виктор Калинин. Графика»**. Союз Дизайн, 2016.

Альбом издан к открытию персональной выставки Виктора Калинина в залах Российской академии художеств. В альбоме наряду с работами разных лет, сделанных в России, представлен цикл рисунков, выполненных во Франции.

Книга **«Илларион Владимирович Голицын. Разговор об искусстве. О художниках. Статьи. Рассказы»**. Представляет классика отечественного искусства XX века И.В. Голицына (1928 – 2007) на поприще искусства словес-

ного. Основная часть – его статьи о творчестве четырех поколений художников – современников, тексты самого автора о своем творчестве, материалы о художественной жизни, начиная с конца 1950-х годов. Статьи написаны в увлекательной форме, легко воспринимаются читателем, представляя не искусствоведческий анализ творчества, а свободное, живое общение с произведениями и художниками. Этот ряд продолжает раздел «Рассказы», погружающий в историю рода князей Голицыных, он представит семью художника, с кем он встречался и дружил, какие совершал путешествия.

Книга утвердит необыкновенную широту личности мастера, еще более очевидна станет высокая поэтичность понимания им мира.

Тексты дополнены иллюстрациями, предоставленными главными музеями страны и частными владельцами.

Использованы уникальные материалы из личного архива автора.

Книга адресуется представителям профессионального сообщества и широкому кругу любителей искусства.

Голицын, Илларион Владимирович. Разговор об искусстве. О художниках. Статьи. Рассказы / И.В. Голицын. М.: Русский Миръ, 2015. 608 с.: ил. (Большая Московская Библиотека: БМБ). Реальный выход в свет – октябрь 2016 г. Составитель И.И. Голицын.

Монография. «Мухадин Кишев. Искусство любви». Книга посвящена творчеству Мухадина Кишева (родился в 1939 г.) – выдающегося живописца и графика, действительного члена Российской академии художеств, заслуженного художника РФ, народного художника Кабардино-Балкарии, академика нескольких европейских академий. Имя Кишева широко известно в России, Европе и других странах, однако до сих пор его творчество не становилось предметом полноценного научного исследования. Настоящее издание призвано выполнить эту задачу. Здесь не только широко представлены живописные и графические произведения мастера, но и глубоко анализируются философско-эстетические, стилистические, антропологические, культурологические аспекты творчества художника, систематизировано его богатое наследие. Книга предназначена как для специалистов, так и для любителей современного искусства, а также для студентов и аспирантов творческих вузов, для всех тех, кто интересуется актуальными проблемами теории и истории искусств.

«Наука и искусство в лицах. Портреты современников». Каталог художественно-документальной выставки А.Г. Толстикова / Отв. сост. А.Г. Толстикова, сост. И.А. Корнева-Чаева, Е.Г. Лебедева, Н.В. Литвина. Москва: Архив РАН, 2016.

Архив Российской академии наук, Российская академия художеств, Московский государственный музей Дом Бурганова.

Каталог включает репродукции десяти живописных портретов известных отечественных ученых и художников, членов РАН и РАХ, тексты их биографий, а также изображения экспозиционных витрин с представленными в них рукописями, эскизами, публикациями научных трудов, личными вещами и

атрибутами творческой деятельности героев выставки. Издание рассчитано на специалистов и широкий круг читателей.

Каталог III Всероссийской художественной выставки с международным участием «Наука и космос на службе мира. Циолковский–Королев–Гагарин», посвященной 55-летию полета первого человека в космос. Смоленск, 2016.

Организаторы: Администрация Смоленской области, Российская академия художеств, ВТОО «Союз художников России», Смоленское областное отделение ВТОО «СХР», Студия военных художников им. М.Б. Грекова, Мемориальный музей космонавтики, Комитет по культуре и туризму администрации Смоленской области, Смоленский государственный музей-заповедник, Объединенный мемориальный музей Ю.А. Гагарина, Администрация г. Смоленска, Управление культуры и искусства администрации г. Смоленска, Культурно-выставочный центр имени Тенишевых.

По своему составу выставочный проект собрал самобытных интересных художников из многих регионов страны, объединил мастерство разных поколений, представил достижения отечественных авторов в живописи, скульптуре, графике, компьютерной графике, храмовом искусстве, монументальном искусстве, декоративно-прикладном искусстве, народном искусстве, плакате, искусствоведении.

Издание каталогов выставок, а также монографий о творчестве выдающихся отечественных мастеров изобразительного искусства, архитектуры, дизайна, декоративного искусства, театрально- и кинодекорационного искусства являются неотъемлемой частью программы фундаментальных исследований Российской академии художеств, так как направлены на развитие науки об искусстве, являются основой для дальнейшей научной работы, инициирования творческих и выставочных проектов.

ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ В ВУЗОВСКОМ СЕКТОРЕ НАУКИ

Российской академией наук, в соответствии с ФЗ-253, были запрошены у 40 ведущих вузов страны сведения о выполненных в 2016 г. 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

Проект «Комплексная экспедиция “Селенга-Байкал” 2011–2016»

Бассейн реки Селенги в значительной степени влияет на качество воды озера Байкал, объекта Всемирного природного наследия ЮНЕСКО. Водо-

сбор Селенги, главного притока озера Байкал, находится на территории двух стран (России и Монголии) и испытывает усиливающееся антропогенное воздействие. В рамках закончившегося в 2016 г. проекта «Комплексная экспедиция «Селенга-Байкал» детально изучено эколого-геохимическое состояние «горячих точек» бассейна Селенги: городов и горно-промышленных центров России и Монголии. Проведен бассейновый анализ геохимических потоков тяжелых металлов и металлоидов в трансграничной системе «Селенга-Байкал». Выполнена количественная параметризация трансграничного переноса загрязняющих веществ, их аккумуляции в дельте Селенги и выноса в озеро Байкал. Получено около 100 геохимических моделей потоков металлов для разных гидрологических сезонов. Сделан прогноз изменения водности реки в XXI веке, выявлены основные риски для озера, связанные с деятельностью рек.

Разработана уникальная, не имеющая мировых аналогов, система оценки опасных природных и техногенных процессов для крупного речного бассейна.

Создана геоинформационная система «Бассейн реки Селенги», включающая в себя:

- гидрометрические посты,
- вечную мерзлоту,
- базу спутниковых снимков,
- промышленное загрязнение.

Количественно оценены транспорт и баланс наносов. Определен состав стока взвешенных наносов рек Туул, Орхон, Селенга. Определено содержание ртути в донных отложениях. Произведена оценка русловой эрозии. Произведена сводная оценка основных источников загрязнения – мест разработок полезных ископаемых. Осуществлено моделирование транспорта загрязнителей в пределах речной сети.

Результат интересный и новый. Речь идет о важной проблеме трансграничного переноса (в том числе из территории Монголии) загрязняющих веществ и поступлении их в Байкал. Созданная геоинформационная система в данном случае служит одним из инструментариев для получения представленного результата. Конечным итогом является оригинальная, впервые разработанная и адаптированная для этого природного объекта модель переноса поллютантов в сложной русловой сети с учетом боковой приточности (дополнительного поступления загрязняющих веществ). Более того, сегодня проводятся работы по использованию этой модели на других крупных водосборах рек, впадающих в Байкал.

Авторы: академик РАН Касимов Н.С.; к.г.н. Лычагин М.Ю., к.г.н. Чалов С.Р.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Разработана новая технология точной обработки гибких деталей произвольной геометрической формы с помощью многозвенных манипуляторов (ММ), оснащаемых системами технического зрения (СТЗ).

Она предполагает:

- 1) простую и быструю фиксацию гибких деталей в универсальной оснастке с возможной деформацией их формы;
- 2) сканирование закрепленных деталей с помощью СТЗ и получение моделей этих деталей в виде облаков точек;
- 3) совмещение эталонных САД-моделей деталей с их моделями, полученными после сканирования, с целью точного определения мест механической обработки;
- 4) автоматическое формирование траекторий движения рабочего инструмента ММ.

В результате удастся обеспечить высокоточную автоматическую обработку с помощью ММ, оснащенных СТЗ, гибких деталей сложной геометрической формы, значительно деформирующихся в процессе их закрепления.

Новизна технологии состоит в использовании нового метода совмещения трехмерных моделей деформируемых деталей, получаемых с помощью СТЗ, с их эталонными САД-моделями. Этот метод предполагает преобразование указанных моделей в облака точек, специальное уплотнение этих облаков и их последующее итеративное совмещение, которое реализуется с использованием алгоритма ICP, повышающего точность совмещений с учетом реальной деформации закрепляемых деталей.

Значимость технологии заключается в том, что она может быть применена для обработки широкой номенклатуры гибких деталей, имеющих сложную пространственную форму, без использования индивидуальной фиксирующей оснастки. Это значительно снижает себестоимость обработки гибких деталей.

Прогноз применения – обработка тонкостенных деталей вертолетов из полимерных композитных материалов на ПАО ААК «Прогресс» (г. Арсеньев, Приморский край).

Авторы: Филаретов В.Ф., Юхимец Д.А., Зуев А.В., Губанков А.С.

2. Разработаны методы группового управления необитаемыми подводными и надводными аппаратами для повышения эффективности мониторинга морских биологических ресурсов и макет гидроакустического модела с рабочей частотой 28 кГц (скорость передачи информации до 4 кбит/с, дальность действия 3–5 км)

Сущность и новизна: разрабатывается метод групповой гидроакустической навигации и связи АНПА⁸ при помощи нескольких мобильных гидроакустических маяков-модемов, размещаемых на отдаленных АНВА⁹. Предлагается алгоритм, позволяющий обеспечить навигацию группы АНПА с необходимой точностью при их движении по произвольным траекториям в процессе выпол-

⁸ АНПА – автономный необитаемый подводный аппарат.

⁹ АНВА – автономный необитаемый водный аппарат.

нения миссии. Используется в качестве навигационных сигналов семейство новых бинарных кодов, найденных численным методом и обладающих лучшим отношением максимума автокорреляционной функции (АКФ) к боковым лепесткам по сравнению с известными псевдослучайными последовательностями. Использование данных последовательностей позволит выполнить кодовое разделение в группе АНПА, снизить требуемое отношение сигнал/шум при регистрации приемниками навигационных посылок.

Исследована и разработана архитектура программного обеспечения и подходов к управлению группой мобильных роботов для измерения параметров водной среды с заданной точностью. Преимущества разработанной системы заключаются в возможности ее применения для организации взаимодействия группы аппаратов, в т.ч. по низкоскоростным и неустойчивым акустическим каналам связи. Также разработаны алгоритмы автоматизированного планирования и коррекции траекторий движения АНПА при выполнении мониторинга в акваториях и рельефах различных типов.

Преимущества и прогноз применения: разработка алгоритмов управления и устройств гидроакустической связи позволяет получить необходимые качественные характеристики при организации группового управления АНПА/АНВА, что позволяет повысить эффективность применения всего комплекса морских робототехнических средств.

Авторы: Щербатюк А., Дубровин Ф., Родионов А., Ваулин Ю., Бобков А., Машенцев В.

3. Экспериментально установлено снижение уровня рН в пирамидальных нейронах гиппокампа головного мозга и во внеклеточной среде при остром, подостром и хроническом нейровоспалении

Снижение уровня рН сопровождается нарушением когнитивных функций при нейровоспалении. Установлено, что эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты при энтеральном введении способствуют сохранению нормальных значений рН нейронов и интерстициальной жидкости гиппокампа у животных с экспериментальным нейровоспалением. Полученные результаты свидетельствуют о нейропротективном действии полиненасыщенных жирных кислот серии омега-3 в отношении когнитивных функций, реализуемом путем стабилизации кислотности нервной ткани.

Значимость: данное исследование расширяет представление о фундаментальных механизмах развития процесса нейровоспаления. Полученные данные позволяют рассматривать изменения уровня рН головного мозга в качестве основного механизма когнитивных нарушений, сопровождающих неврологические заболевания, ассоциированные с нейровоспалением.

Установлено, что при остром нейровоспалении происходит достоверное снижение внутриклеточного уровня рН пирамидальных нейронов гиппокампа на $0,19 \pm 0,10$ единицы и снижение внутриклеточного уровня рН на $0,08 \pm 0,04$ единицы. При подостром нейровоспалении сдвиг внутриклеточного уровня рН

в кислую сторону составляет $0,34 \pm 0,10$ единицы, внеклеточный уровень pH достоверно снижается на $0,10 \pm 0,02$ единицы. При хроническом нейровоспалении снижение внеклеточного уровня pH гиппокампа составляет $0,11 \pm 0,03$ единицы. Докозагексаеновая и эйкозапентаеновая кислоты при пероральном введении предотвращают развитие нейровоспаления и глияльной активации в гиппокампе, нормализуют локомоторную активность, восстанавливают неврологический статус, улучшают показатели рабочей и долговременной памяти у мышей с экспериментальным нейровоспалением. На фоне введения этих кислот наблюдается уменьшение накопления бета-амилоида 42 в гиппокампе мышей в 2–3 раза по сравнению с контролем.

В процессе исследования получены новые данные о механизмах влияния полиненасыщенных жирных кислот на течение процессов воспаления в нервной ткани. Выявлены новые механизмы влияния этих кислот на память, неврологический статус и локомоторную активность животных с экспериментальным нейровоспалением.

Полученные экспериментальные данные являются основой для проведения доклинических исследований и клинических испытаний полиненасыщенных жирных кислот с нейропротективной активностью.

Прогноз применения: работа обосновывает возможность использования препаратов полиненасыщенных жирных кислот, выделенных из морских гидробионтов, как основы для создания новых лекарственных средств профилактики и терапии когнитивных расстройств при неврологических заболеваниях.

Авторы: Хотимченко М.Ю., Хожаенко Е.В., Тыртышная А.В., Клещевников А.Н., Хотимченко Ю.С.

4. Компаративное исследование проблем современного законодательства России и стран Азиатско-Тихоокеанского региона

В период крупных преобразований в России со всей остротой встали вопросы о новой роли права, об обновлении и развитии законодательства. Специалисты давно убеждены: нужна современная научная концепция, позволяющая предвидеть динамику развития российского законодательства, соотношение его отраслей и подотраслей, определить приоритетные законы на ближайшую перспективу, последовательность принятия иных законов, исходя из интересов граждан и государства, потребностей экономики, социальной и политической сфер.

Для того, чтобы создать такую концепцию, необходимо исследовать современные тенденции развития российского законодательства. Системный и аналитический подход к состоянию российского законодательства и тенденциям его развития в целом, а также его отдельных отраслей, подотраслей и институтов требует комплексной, а не односторонней оценки прогноза, а потому целесообразно обратиться к зарубежному опыту. Курс на динамичное развитие разнопланового сотрудничества со странами Азиатско-Тихоокеанского региона – стратегическая линия России. Именно поэтому с 2011 г. в Юридической школе ДВФУ действует Научно-образовательный центр сравнительного правоведения

и мониторинга законодательства России и стран Азиатско-Тихоокеанского региона (далее – НОЦ). В качестве главного направления деятельности была определена международная и трансграничная проблематика – вопросы взаимодействия России и российского Дальнего Востока со странами АТР в фокусе всеобъемлющей безопасности, конфликтов и сотрудничества в XXI веке.

Члены временного научного коллектива провели мониторинг эффективности уголовного законодательства об ответственности за преступления против общественной безопасности РФ, выявили уязвимые стороны российской уголовной политики в сфере общественной безопасности и дали им научную оценку, определили направления и перспективы развития уголовного законодательства России в регламентации ответственности за посягательства на общественную безопасность Российской Федерации с учетом законодательного опыта стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

Авторы: Коробеев Л.И., Коротких Н.Н., Морозов Н.Л., Мальцев А.Л., Кузнецов А.В.

Результаты научно-исследовательской работы в 2016 г. в области общественных наук прошли апробацию, итогом которой явилась научная продукция.

В частности, сформулированные в НИР характеристики нашли отражение в двух опубликованных монографиях: Коробеев Л.И., Лун Ч. Состав преступления в доктрине Уголовного права Китая и России: компаративное исследование. М.: Проспект, 2016. 184 с.; Морозов Н.А. Япония: преступность и уголовная политика. СПб.: Изд-во «Юридический центр Пресс», 2016. 455 с.

КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Синтез лимномагнитных и палеоклиматических данных

Современные озера – это бесценные архивы с записями изменений состояния окружающей среды в не очень далеком геологическом прошлом. В геологическом масштабе времени развитие озер осуществляется очень быстро: возраст осадков до 6–12 тысяч лет, скорость накопления осадков порядка 1 мм в год. Чрезвычайно важно получить детальные данные за последние тысячелетия, позволяющие уточнять модели климата и его изменений, а также резкие изменения геомагнитного поля. Исследовано большое количество озер, построены мастер-кривые изменения параметров магнитного поля Земли, выявлены магнитные климатозависимые параметры.

Одним из последних исследованных озер было оз. Плещеево (Ярославская обл.). Мастер-кривые вековых вариаций, полученные по осадкам этого озера, сопоставлены с мировыми лимномагнитными данными (озера Восточной Европы – Свирь, Нарочь, Асликуль, озера Западной Европы – Британские озера, озера Финляндии). Выявлены климатозависимые магнитные параметры путем сопоставления с литохимическими и палеобиологическими параметрами по осадкам озер Большое Яровое (Алтайский край) и Хубсугул (Монголия).

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о значении магнито-минералогических компонент «BS» и «BH», представленных в осадках остатками магнитотактических бактерий, как индикатора климатических изменений.

Исследования осадков оз. Большое Яровое выявили, что увеличение значений положения максимума коэрцитивных спектров компоненты «BS» указывает на потепление, а уменьшение – на похолодание климата. Исследования осадков озера Хубсугул позволили выявить положительные корреляции между вариациями интенсивности трех минералогических компонент и изменениями окружающей среды. Изменения концентрации в осадке данных компонент на глубине порядка 20 м свидетельствуют о значительных изменениях окружающей среды или геологических условий в бассейне озера Хубсугул. Это, возможно, связано с началом стадии MIS 10, характеризующей прекращение засушливых климатических условий. Короткие интервалы высокой продуктивности в озере характеризуются обилием магнетитовых магнитосом, что может выделить интервалы ледниково-межледниковых переходов. Для оставшейся части колонки содержание грейгита существенно превышает содержание магнетита, что указывает на преимущественно бескислородную среду осадконакопления.

Полученные результаты подтверждают, что при исследованиях озерных осадков имеются возможности получения детальных данных для уточнения модели климата и его изменений в прошлом, и отражают изменения геомагнитного поля Земли.

Авторы: Нургалиев Д.К., Кузина Д.М., Косарева Л.Р.

2. Конъюгация полидиацетиленов с производными каликсаренов

Всевозрастающий интерес к наноструктурированным материалам, как в фундаментальной, так и прикладной науке вызван их уникальными электронными, оптическими и каталитическими свойствами. Большой интерес в этой области представляют полидиацетиленовые частицы, на оптические свойства которых существенное влияние оказывает любое внешнее воздействие (температура, деформации, изменение pH и т.д.).

Впервые предложена конъюгация полидиацетиленов с производными каликсаренов для создания высокоспецифичных сенсорных систем, способных к распознаванию и связыванию аналитов совершенно разной природы. На основе карбоксильных производных *n-трет*бутилтиакаликс[4]арена, модифицированного диацетиленовыми фрагментами в смеси с 10–12 пентакозадииневой кислотой, созданы полидиацетиленовые наночастицы, обладающие уникальными фотофизическими характеристиками. Обнаружено, что водные дисперсии полученных наночастиц в присутствии ионов лантанидов претерпевают изменение окраски, детектируемое визуально. Таким образом, на основе полученных функциональных полидиацетиленовых наночастиц можно создать колориметрические датчики, направленные на определение ионов лантанидов в растворах без использования дорогостоящего оборудования. Авторы: Бурилов В.А., Валяхметова А.М., Миронова А.М., Соловьева С.Е., Антипин И.С.

СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.К. АММОСОВА

Разработка прикладной компьютерной программы «Программа для расчета уровня инновационного развития субъектов экономики на основе модели Тройной спирали»

В настоящее время оценка уровня инновационного развития субъектов экономики (отраслей, округов, регионов, муниципальных образований и т.д.) производится рейтинговыми агентствами на основе различных частных методик. Причем содержание методик не раскрывается. Чаще всего, рейтинги формируются на основе данных экспертного опроса, что приводит к субъективности и к неточностям. С учетом изложенного, на основе авторской эконометрической модели оценки вклада трех основных факторов развития общества (наука/образование, бизнес, государство) в инновационное развитие субъектов экономики разного уровня разработана компьютерная программа «Программа для расчета уровня инновационного развития субъектов экономики на основе модели Тройной спирали», предназначенная для количественной оценки уровня инновационного развития субъектов экономики (ИРСЭ). Достоинством и отличием предлагаемой методики является исключение субъективного фактора.

Основными функциями разработанной прикладной программы являются:

- ведение базы данных проведенных исследований, хранение информации в формате базы данных в защищенном режиме;
- расчет показателей и проведение оценки уровня ИРСЭ на основе количественной авторской методики;
- формирование отчетов для проведения анализа и мониторинга ИРСЭ.

Программа реализована в сетевой архитектуре и может применяться в органах государственного и муниципального управления, научно-исследовательских и иных организаций, проводящих анализ и мониторинг экономического развития регионов. Результаты оценки инновационного уровня развития субъектов экономики могут быть полезны исполнительным органам государственной власти, бизнес-структурам, научно-образовательным организациям для анализа и принятия управленческих решений.

Авторы: г.н.с. Егоров Н.Е., Жебсаин В.В., Ковров Г.С.

СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Технология мониторинга и локализации потерь энергии в распределительных сетях низкого и среднего напряжений на базе синхронных измерений

Основная сущность предложенной технологии заключается в использовании для идентификации и/или уточнения параметров сети (топологии, сопротивлений участков линий и трансформаторов, заземляющих устройств) передвижных или измерительных модулей, обеспечивающих синхронные измерения векторов токов и напряжений (или их осциллограмм), и оригинальных

способов выявления недостоверных измерений, с последующим мониторингом в динамике технических и коммерческих потерь электроэнергии, выявлением конкретных мест и величин несанкционированного ее потребления.

Новизна предлагаемых решений и алгоритмов определяется применением низкозатратного способа синхронизации измерений по частоте и фазе напряжения сети (заявка на изобретение № 2015151889 от 03.12.2015 г.), оригинальными способами, методиками и алгоритмами выявления недостоверных измерений, идентификации топологии и параметров сети.

Практическая значимость полученного результата определяется возможностью снизить сверхнормативные потери (в основном, связаны с хищениями электроэнергии) в распределительном сетевом комплексе России, величина которых, по оценкам [<http://www.prnewswire.com>], составляет 5,1 млрд долларов в год. Кроме того, в ближайшей перспективе может быть налажен выпуск дешевых интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ), основанных на синхронизации измерений предложенным низкозатратным способом, для установки у потребителей и в распределительных сетях низкого напряжения в рамках внедрения концепции Smart Grid. Это позволит повысить наблюдаемость и управляемость сетями, что должно способствовать снижению технических потерь, повышению качества электроэнергии и надежности электроснабжения.

Прогноз: практическое применение результатов предполагается в электрических сетях 0,4–10 кВ в виде ИЭУ и построенных на их базе автоматизированных информационно-измерительных системах коммерческого учета электроэнергии в России, Индии, Китае, Бразилии, Нидерландах, Малайзии, Венесуэле и других странах с высоким уровнем потерь энергии. Концепция национального проекта “Интеллектуальная энергетическая система России”, а также дорожная карта национальной технологической инициативы ЭнерджиНет подтверждают перспективность применения полученного результата.

Авторы: Кононов Ю.Г., Зеленский Е.Г., Звада П.А., Жуков М.В., Степанов А.С., Костюков Д.А.

ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Метод моделирования координационных соединений переходных металлов, способных послужить основой для разработки спиновых кубитов

Одним из приоритетных направлений химической науки и материаловедения является разработка молекулярных систем, пригодных для создания логических элементов квантовых компьютеров – квантовых битов (кубитов). Для конструирования спиновых кубитов предложено использовать механизм валентной таутомерии, которая заключается в термически наведенном обратимом внутримолекулярном переносе электрона между металлом и редокс-активным лигандом и сопровождается переключением магнитных свойств.

Посредством компьютерного моделирования (DFT UB3LYP*/6-311++G(d,p)) трехядерных аддуктов дикетонатов, аминovinилкетонатов и салицилаль-

диминатов кобальта с ди-о-хиноном, содержащим бис-хелатный линкер, показано, что объемистые и электроноактивные заместители в дикетонных и азометиновых лигандах оказывают существенное влияние на энергетические характеристики электромерных форм аддуктов, а варьирование атома металла линкера (Be, Co, Ni, Cu, Zn) позволяет управлять магнитными свойствами таких соединений. В результате проведения расчетов выявлены координационные соединения, содержащие два валентнотаутомерных центра, между которыми ожидаются слабые обменные взаимодействия. Рациональный выбор центрального атома металла, а также типа вспомогательных лигандов терминальных фрагментов позволил найти системы, проявляющие свойства логических элементов квантовых компьютеров – спиновых кубитов.

Новизна: переключение спиновых состояний трехъядерных комплексов переходных металлов сопровождается варьированием магнитных характеристик в широком диапазоне. Область применения: Квантовые компьютеры.

Авторы: Старикова А.А., Минкин В.И.

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

1. Выявлен новый тип угловых зависимостей спектральных индикатрис рассеяния ультрапористых высокотемпературных материалов, частично прозрачных для электромагнитного излучения, расширяющий класс традиционно применяемых распределений и позволяющий более точно моделировать взаимодействие слоев перспективной ультрапористой теплозащиты летательных аппаратов с электромагнитным излучением;

– разработан расчетно-экспериментальный метод параметрической идентификации математической модели теплопереноса в элементах конструкции сложной формы, выполненных из композиционных материалов углерод-углерод, позволяющий оптимизировать тепловую защиту современных высокоскоростных летательных аппаратов с учетом влияния технологии производства деталей сложной геометрии на свойства композиционных материалов;

– разработана основанная на решении обратных задач методология идентификации математической модели термоупругости для многослойных элементов конструкции силовых элементов космических аппаратов, позволяющая контролировать термочрезносильные свойства элементов конструкции без ее разрушения;

– разработана методология оценивания на основе решения обратных задач теплообмена (экспресс-диагностика), внешнего теплового воздействия на межпланетный космический аппарат в условиях нестационарного нагрева с целью определения углового положения аппарата по значениям тепловых потоков в дополнение к известным методам его определения, что обеспечивает повышение надежности и информативности систем ориентации космического аппарата. (член корреспондент РАН Алифанов О.М.)

2. Получено точное решение задачи об устойчивости в орбитальной системе координат относительных равновесий спутника, несущего точечную массу, на круговой и эллиптической орбите

Получено точное решение задачи об устойчивости периодических резонансных вращений (типов 1:2 и 3:2) спутника (рассматриваемого как динамически симметричное твердое тело) с учетом ранее не рассматривавшихся как плоских, так и пространственных возмущений.

Для спутника с неравными моментами инерции в линейном приближении решена задача об устойчивости резонансного вращения типа 1:2 при наличии пространственных возмущений; выявлены области неустойчивости резонансного вращения.

Разработана динамическая модель гибридного автомата, обеспечивающая эффективную реализацию устойчивой схемы переключения состояний неударживающей связи соединительного троса космического аппарата с астероидом и позволяющая проводить анализ различных режимов движения космического аппарата в окрестности астероида. (д.ф.-м.н. Бардин Б.С.)

3. Разработана соответствующая т.н. «сетцентрической» концепции управления архитектура и функциональная схема распределенной системы интеллектуального управления группой беспилотных летательных аппаратов (в том числе – действующей в составе более общей группы, включающей пилотируемые летательные аппараты), функционирующей в едином информационно-управляющем поле (формируемом разветвленными автоматизированными сетями связи, разведки, навигации и управления) в интересах решения целевых задач группы и обеспечивающая:

- учет модели единого информационно-управляющего поля, как среды функционирования групп беспилотных летательных аппаратов;

- обоснование предпочтительных (с точки зрения достигаемого эффекта) вариантов (сценариев, стратегий и тактик) совместного применения беспилотных летательных аппаратов во взаимодействии с единым информационно-управляющим полем с учетом наличия факторов неопределенности (неполной ситуационной осведомленности вследствие возможной деградации единого информационно-управляющего поля) и возможной конфликтности среды, а также всего комплекса необходимого взаимодействия (информационного, помехового, траекторного и иного);

- оптимизацию схем информационного обмена между беспилотными летательными аппаратами в составе группы и их информационного взаимодействия с объектами единого информационно-управляющего поля в процессе выполнения целевых задач.

Новизна и значимость совокупности полученных результатов обусловлена тем, что в настоящее время:

- существуют в основном только решения частных задач управления отдельными беспилотными летательными аппаратами без учета как их коорди-

нированного информационного и траекторного взаимодействия в условиях групповых действий, так и неопределенности среды их действия;

– отсутствуют варианты построения эффективных интеллектуальных распределенных систем управления группами беспилотных летательных аппаратов, компоненты которых могут располагаться на наземных пунктах управления, воздушных командных пунктах и на бортах беспилотных летательных аппаратов, сохраняя при этом информационное взаимодействие, обеспечивающее необходимый уровень координации управления всеми участниками группы. (д.т.н. Гончаренко В.И., д.т.н. Красильщиков М.Н.)

4. На основе математического аппарата теории динамических систем и теории бифуркаций разработан подход к изучению динамики управляемого движения связанных объектов, позволяющий получать качественное физическое представление соответствующих процессов и выявлять потенциальные возможности орбитальных тропических систем.

Осуществлена кластеризация возможных типов управляемого движения тропических систем на круговых и эллиптических орбитах; разработаны стратегия реализации рациональных режимов управляемого движения связанных объектов и методики исследования их динамики при выполнении практических задач на круговых и эллиптических орбитах (вывод объектов на орбиту, спуск (сведение) с орбиты на Землю, выполнение операций транспортного обслуживания и сближения космических объектов, создание искусственной тяжести, пространственное функционирование привязного объекта связки в окрестности орбитальной станции, орбитальные переходы между круговыми и эллиптическими орбитами, маневрирование летательного аппарата на внеатмосферном участке баллистической траектории). (д.т.н. Иванов В.А.)

5. Разработан метод решения задач стохастического оптимального управления системами с дискретным временем и вероятностным критерием качества, основанный на рекуррентных процедурах построения изобел – множеств уровня функции Беллмана и двухсторонних границах для них. Метод применен для аналитического решения задач импульсной коррекции орбиты искусственного спутника Земли в различных постановках, включая задачу удержания параметров орбиты в заданных пределах на заданном интервале времени.

Математическая модель процесса коррекции представляется в виде скалярной дискретной стохастической системы управления с вероятностным терминальным критерием качества; в качестве переменной состояния системы рассматривается прогнозируемый промах одного параметра движения летательного аппарата; целью коррекции установлена максимизация вероятности неперевышения конечным промахом заданного уровня точности; предположено, что ошибки отработки расчетной величины корректирующего импульса имеют равномерное распределение.

Произведено сравнение найденного оптимального управления с известными оптимальными управлениями по другим критериям качества. (д.ф.-м.н. Кан Ю.С.)

6. Разработаны математические модели, описывающие электромагнитные процессы в активной зоне электрических машин на основе высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) с увеличенным значением удельной мощности, особенность и значимость которых заключается в возможности учета критических свойств современных ВТСП материалов, применяемых в составе электрических машин. На основе моделей разработаны методики, предназначенные для проектировочных расчетов новых типов электрических машин на основе ВТСП. (д.т.н. Ковалев К.Л.)

7. На основе решения стохастической задачи управления по неполным данным с использованием достаточных условий оптимальности в форме Беллмана разработаны алгоритмы автономного управления движением центра масс космического аппарата на этапах довыведения на геостационарную орбиту, перевода на рабочую долготу и удержания в рабочей точке, обеспечивающие минимизацию энергетических затрат при выполнении требований по терминальной точности.

Разработаны методы и алгоритмы навигации, обеспечивающие достижение достоверности результатов решения навигационной задачи на уровне 0,95 (в том числе оценку модуля и ориентации вектора тяги маршевого двигателя на этапе довыведения с точностью до 1% от номинала (3 СКО), решение навигационной задачи с точностью до 9 метров по положению (3 СКО) и 1 м/с по скорости на этапах перевода на рабочую долготу и удержания в рабочей точке). Разработан программно-аппаратный комплекс моделирования замкнутой автономной интегрированной системы навигации и управления космическим аппаратом на геостационарной орбите, обеспечивающий (как для существующих, так и для перспективных аппаратных средств навигации, а также для любых сценариев полета космических аппаратов, включая все этапы его жизненного цикла) моделирование навигационного определения с использованием технических средств глобальной навигационной спутниковой системы в диапазоне высот от 1000 до 90000 км, что на данный момент нереализуемо иным путем. (д.т.н. Красильщиков М.Н.)

8. Для построения оптимального управления процессом гашения колебаний упругих механических систем на примерах балки и пластины, которые являются элементами различных конструкций (например, космических платформ), получены так называемые проблемы моментов (ранее известные только для колебаний струны) относительно временных компонент управления

Для балки и пластины теоретически определено минимальное время полного гашения колебаний и построены оптимальные управления в виде специальных

рядов Фурье. Определены приближенные оптимальные режимы управляющих воздействий на основе использования демпферов специального вида (так называемых узких и точечных движущихся демпферов). Совокупность полученных результатов предоставляет возможность обеспечения полного гашения колебаний упругих элементов различных конструкций. (д.ф.-м.н. Муравей Л.А.)

9. Разработан метод оценки конденсационного и фотохимического захвата высокомолекулярных продуктов собственного газовыделения неметаллических материалов внешними поверхностями космических аппаратов (КА)

Установлено, что вероятность конденсационного захвата продуктов газовой выделения в течение всего времени полета КА крайне мала; определяющим механизмом захвата частиц является фотохимический захват, обусловленный протеканием на поверхности КА необратимых химических реакций с образованием соединений с высокой энергией адсорбции (не менее 2–3 эВ) и с образованием химической связи осажденных веществ с поверхностью.

Полученные научные результаты впервые позволили отразить истинную физическую картину процессов загрязнения поверхностей КА продуктами газовой выделения неметаллических материалов, что приводит к выводу о необходимости пересмотра применяемых в настоящее время при проектировании КА стандартов (ГОСТ Р50109-92). (д.т.н. Надирадзе А.Б.)

10. Разработан метод и программно-математическое обеспечение для вычисления границы области существования решений в задаче оптимизации прямых гелиоцентрических траекторий межпланетных перелетов космических аппаратов с маршевыми электроракетными двигательными установками за фиксированное время.

Разработан метод и программно-математическое обеспечение для совместной оптимизации прямой гелиоцентрической траектории и основных проектных параметров космического аппарата с маршевой электроракетной двигательной установкой.

Разработан метод оптимизации гелиоцентрических траекторий космического аппарата с солнечной электроракетной двигательной установкой, содержащей кластер однотипных электроракетных двигателей. (д.т.н. Петухов В.Г.)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА

Методика анализа видов взаимных механических столкновений как причины роста числа орбитальных обломков в Космосе

Представлена технология измерений с применением пьезометрии, которая обеспечивает получение данных об ударном импульсе в широком диапазоне условий столкновений и с обеспечением физического и конструктивного разнообразия объектов воздействия.

Впервые предложена аналитическая методика оценки формы регистрируемого импульса. Для этого предложено перестраивать историю ускорения стержня, представляя ее в безразмерных координатах, где за единицу по оси ординат принимают значение ускорения на конечном участке осциллограммы $A(t_k) = dV/dt(t_k) = 1$. По оси абсцисс откладывается в безразмерных единицах время процесса, где за единицу принимают значение времени, регистрируемого в момент выхода амплитуды ускорения к нулевому значению.

Значимость разработки технологии измерений с применением пьезометрии и методики анализа видов взаимных механических столкновений определяется актуальностью обеспечения безопасного исследования близкого и далекого Космоса, исследования планет.

Методика анализа видов взаимных механических столкновений будет использована при внедрении мер противоастероидной защиты Земли и при создании технологий разрушения опасных космических объектов.

Авторы: к.т.н. Сотский М.Ю., к.т.н., доц. Велданов В.А., д.т.н., проф. Селиванов В.В.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

1. В работе под руководством профессора факультета математики Б.Л. Фейгина решена важная математическая задача – получена формула для функций Холла–Литтлвуда, играющих ключевую роль в различных алгебраических и комбинаторных задачах

Эта задача важна и актуальна для различных областей математики, таких как теория представлений, теория специальных функций, выпуклая геометрия. Авторы получают явную формулу для функций Холла–Литтлвуда, играющих ключевую роль в различных алгебраических и комбинаторных задачах. При этом Фейгин Б.Л. и Махлин И.Ю. используют и развивают технику, предложенную известным французским математиком Брионом М. Это позволяет использовать методы и конструкции выпуклой геометрии в бесконечномерном случае, обобщая, в частности, классическую конструкцию Гельфанда–Цетлина. Более того, разработанный авторами новый подход к взвешенным суммам по целочисленным точкам бесконечномерных многогранников оказался очень эффективным и в дальнейшем будет применяться для решения разнообразных математических задач. Работа была напечатана в одном из ведущих мировых математических журналов *Selecta Mathematica*, принимающего к публикации только избранные статьи, важные для развития данной области знаний.

Авторы: д.ф.-м.н. Фейгин Б.Л., Махлин И.Ю.

2. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года

В 2016 году НИУ ВШЭ завершил работу над Прогнозом научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на

период до 2030 года (ПНТР АПК). Основные положения ПНТР АПК были одобрены на совместном заседании Президиума и Коллегии НТС Минсельхоза России под председательством Министра сельского хозяйства РФ Ткачева А.Н. 30 марта 2016 г. ПНТР АПК был одобрен на заседании Правительственной комиссии по вопросам агропромышленного комплекса и устойчивого развития сельских территорий под председательством Председателя Правительства РФ Медведева Д.А. 13 декабря 2016 г.

ПНТР АПК разработан в соответствии с требованиями Федерального закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28 июня 2014 г. № 172 ФЗ, постановления Правительства Российской Федерации от 13 июля 2015 г. № 699 «Об утверждении правил разработки и корректировки прогноза научно-технологического развития России», во исполнение поручений Первого Заместителя Председателя Правительства Российской Федерации Шувалова И.И. от 26 сентября 2014 г. № ИШ-П13-7299, Заместителя Председателя Правительства Российской Федерации Дворковича А.В. от 21 января 2016 г. № АД-П11-216 и от 9 ноября 2016 г. АД-П8-6699.

Цель ПНТР АПК – определение наиболее перспективных направлений научно-технологического развития АПК Российской Федерации, гарантирующих обеспечение продовольственной безопасности и позволяющих России стать мировым поставщиком продуктов питания высокой глубины переработки.

ПНТР АПК содержит следующие результаты:

- описание глобальных вызовов в развитии мирового АПК, включая экономические, социальные, экологические и технологические;
- оценку текущего состояния АПК России, включая производственный потенциал, инновационную активность и научно-технический потенциал;
- сценарии научно-технологического развития АПК России («Локальный рост» и «Глобальный прорыв»), включая цели, задачи развития, макроэкономические параметры сценариев, приоритеты научно-технологического развития в разрезе сценариев;
- описание более 60 традиционных и перспективных рынков АПК с прогнозом их динамики, характеристику перспективных направлений научно-технологического развития основных подотраслей АПК (в том числе животноводства, растениеводства, пищевой и перерабатывающей промышленности), включая более 200 конкретных областей науки и технологий;
- рекомендации по совершенствованию научно-технической политики в АПК и предложения по реализации Прогноза.

Результаты ПНТР АПК будут использованы при определении приоритетов научно-технической политики Минсельхоза России, разработке и корректировке Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы, корректировке Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы, отборе приоритетных инвестиционных проектов в агропромышленном комплексе, развитии инновационных агропромышленных кластеров.

Авторы: д.э.н. Гохберг Л.М., к.ф.-м.н. Соколов А.В., к.э.н. Чулок А.А., к.г.н. Кузьминов И.Ф.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО

Технология событийно-связанной телеметрии (ССТ) ритма сердца

Разработана информационно-телекоммуникационная технология событийно-связанной телеметрии (ССТ) ритма сердца, обеспечивающая персонализированную оценку влияния информационных и физических факторов окружающей среды на динамику функциональных состояний и стрессовых нагрузок в процессе естественной деятельности.

Разработанная уникальная технология событийно-связанной телеметрии сердечного ритма обеспечивает непрерывный продолжительный сбор, передачу, накопление и обработку синхронизированных по времени кардиоритмографических записей, данных навигатора о траектории перемещения человека в пространстве, данных видео-аудионаблюдения и результатов психофизиологических тестов. Новая технология дает возможность управляемо активировать когнитивные модули человека и получать данные о динамике вегетативной регуляции в контекстах естественной активности и при управлении признаками информационных образов в виртуальной компьютерной среде.

Для исследования когнитивных функций разработана WEB-платформа Arway.ru, обеспечивающая универсальную инфраструктуру для конструирования и проведения тестов. Создана замкнутая система, в которой компьютер является и источником сигнала, и регистратором. Искажения, ошибки, вносимые человеком в управляемый признак информационного образа, являются характеристикой его когнитивной системы. Система включает модуль формирования стимулов в широком диапазоне амплитудно-временных параметров, виртуальную панель управления режимом измерения, модуль регистрации моторных реакций оператора, базу данных и модуль формирования отчета. Предложенная технология проявила эффективность в разнообразных естественных, клинических и экспериментальных контекстах.

Авторы: Полевая С.А., Парин С.Б., Яхно В.Г., Ковальчук А.В., Громов К.Н., Демарева В.А., Ексина К.И.

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Численное моделирование разрушения и неразрушающего контроля композитов и биокompозитов при помощи сеточно-характеристического метода

Сущность работы: проведено исследование поведения полимерного композиционного материала, а том числе различных механизмов его разрушения, под действием низкоскоростного удара при помощи сеточно-характеристиче-

ского метода и программного комплекса, разработанного на его основе. Композит моделировался как однородная ортотропная многослойная среда. Модель материала и комплекс программ верифицированы сравнением с рядом экспериментов. Проведена серия расчетов процедуры транскраниального УЗИ.

Новизна: разработан и реализован как программный комплекс гибридный сеточно-характеристический метод 1–2 порядка на нерегулярной тетраэдральной сетке.

Проведено исследование мирового опыта в области теории разрушения композиционных материалов. Выбран, реализован и проанализирован ряд критериев разрушения композиционного материала, в том числе расслоения.

Проведено численное моделирование объемного разрушения композиционных материалов, состоящих из анизотропных структурных элементов, при низкоскоростном ударе. Проведено сравнение размеров области расслоения с результатами эксперимента. Проведены серийные расчеты по сравнению двух типов трехстрингерных панелей композитной обшивки самолета.

Проведено численное моделирование ультразвукового неразрушающего контроля композитной детали обшивки самолета. Проведено сравнение А-сканов с результатами эксперимента.

Разработаны модель черепно-мозгового отдела человека и модель медицинского фазированного датчика. Проведена серия расчетов.

Область применения:

Разработка датчиков и алгоритмов обработки сигнала для ультразвукового неразрушающего контроля.

Оптимизация формы деталей и параметров композиционного материала для повышения их прочности при низкоскоростных ударах.

Авторы: Петров И.Б., Васюков А.В., Беклемышева К.А., Ермаков А.С., Казаков А.О.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Методология формирования градостроительной политики инновационного развития регионов на основе «Мульти-Д технологии информационного моделирования»

Управление научной политики НИУ МГСУ разработало «Мульти-Д технологию информационного моделирования» для эффективной реализации градостроительной политики с целью научно обоснованного выбора размещения малых городов и населенных пунктов с оптимально эффективными природно-климатическими, ресурсно-сырьевыми, производственно-инфраструктурными условиями для их инновационного социально-экономического и научно-технического устойчивого развития.

Необходимость разработки методологии вызвана формированием в настоящее время научно обоснованного подхода к организации градостроительной политики по возрождению моногородов, инновационному развитию (строи-

тельству новых) малых городов и населенных пунктов в связи с отсутствием взаимодействия и координации работ на различных этапах проектирования и реализации градостроительной деятельности.

В связи с этим разработана «Мульти-Д технология информационного моделирования» для организации взаимодействия и координации работ всех участников выработки градостроительной политики последовательно, которая в режиме «online» обобщает и передает результаты каждого предшествующего этапа изысканий оптимально эффективной территории, как исходные данные для организации очередного этапа изысканий оптимально эффективных мест размещения городов и населенных пунктов, обладающих требуемыми ресурсами для развития инновационной промышленности.

Данная методология организации градостроительной политики на основе «Мульти-Д технологии информационного моделирования» разрабатывалась в рамках реализации «Соглашения о намерениях» между НИУ МГСУ, Министерством строительства и ЖКХ и Министерства образования и науки от 28 сентября 2015 года о создании «Инновационного центра в строительстве».

Область применения методологии – возрождение и организация инновационного развития малых городов и населенных пунктов регионов России.

Авторы: Пустовгар А.П., Прокопович В.П.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

1. Научные основы оценки эффективности работы газотурбинных установок в России в меняющихся климатических условиях

Разработаны научные основы оценки эффективности работы газотурбинных установок в России в меняющихся климатических условиях.

Предложен обобщенный метод оценки изменения эксплуатационных характеристик газотурбинных установок (ГТУ), связанного с повышением температуры наружного воздуха. Для имеющегося и перспективного парка энергетических и газоперекачивающих ГТУ с учетом модельных оценок климатических изменений на территории России сделаны оценки изменения потребности в топливе.

Впервые получены оценки изменения в потреблении топлива газотурбинным оборудованием в энергетике и газотранспортной системе России, связанные с изменениями климата на территории России.

Полученные результаты позволяют уточнить условия эксплуатации газотурбинных установок в России в отдаленной перспективе и минимизировать негативные последствия ожидаемых климатических изменений в энергетике и трубопроводном транспорте газа.

Результаты предназначены для использования при разработке долгосрочных региональных и национальных программ развития энергетики и газовой отрасли с учетом изменяющихся условий функционирования энергетического оборудования.

Прогнозные оценки для установленной мощности газотурбинного оборудования электростанций $N_{ГТУ}$ и изменения расхода топлива $\square B$, связанного с климатическими изменениями

	Инерционный сценарий		Умеренный сценарий		Оптимистический сценарий	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
$N_{ГТУ}$, МВт	18 800	18 800	22 600	41 400	60 200	88 400
B , тыс.т у.т.	42,3	51,9	93,1	153,3	135,5	244,2

Результат получен при выполнении НИР по гранту РФФИ «Исследование влияния природных факторов на эффективность функционирования энергетических систем».

Авторы: Клименко А. В., Клименко В. В., Касилова Е. В., Рекуненко Е. С., Тершин А. Г.

2. Алгоритмы идентификации параметров математической модели мобильной роботизированной платформы всенаправленного движения KUKA

Формулируется задача идентификации параметров систем с линейной параметрической моделью и с ограничениями на оценки в виде равенств (параметрическими связями). Уравнения связей представлены в дифференциальной форме, что позволило применить методы неголономной механики для построения алгоритмов идентификации параметров в терминах псевдоскоростей. С помощью метода неопределенных множителей получены уравнения градиентного идентификатора параметров; обоснована сходимость вырабатываемых им оценок в линейном приближении. С помощью применения принципа наименьшего принуждения получен один класс алгоритмов идентификации с параметрическими связями и решена задача идентификации при обеспечении асимптотической устойчивости интегрального многообразия, определяемого связями. Проведена аналогия между задачами идентификации со связями и стабилизации аффинных управляемых систем, позволившая построить новый класс управлений в виде обратной связи.

Применение методов аналитической механики в задаче идентификации параметров с ограничениями в виде равенств приводит к уменьшению размерности задачи и увеличению точности вычислений. Получены новые классы решений задач стабилизации аффинных управляемых систем и оценивания для некоторых нелинейно параметризованных задач.

Применение в алгоритмах управления роботом KUKA youBot, осуществляющего программное движение, которое реализуется путем воздействия на систему управляющих обобщенных сил, отождествленных с реакциями неголономных связей. Получены условия существования и асимптотической устойчивости стационарных вращений платформы робота в процессе реализации равномерного движения произвольной точки платформы по окружности.

Результат получен при выполнении НИР по гранту РФФИ «Исследование и моделирование поведения групп мобильных роботов. Разработка алгоритмов управления, учитывающих динамические и геометрические характеристики аппаратов, свойства шасси, подстилающей поверхности и стесненность рабочей области.

Авторы: Кобрин А.И., Адамов Б.И.

3. Схема управления водными ресурсами водохранилищ Волжско-Камского каскада (ВКК) в предполоводный период

Предложена схема управления водными ресурсами водохранилищ Волжско-Камского каскада (ВКК) в предполоводный период на основе перехода на переменную отметку сработки водохранилищ при учете предварительного прогноза притока воды в водохранилища каскада. Переход на переменную предполоводную сработку предлагается проводить на Рыбинском, Куйбышевском, Волгоградском, Камском и Воткинском водохранилищах

Впервые предлагается изменение режимных параметров водохранилищ, а именно переход на переменную отметку обязательной предполоводной сработки водохранилищ ВКК с учетом получения предварительного гидрологического прогноза притока воды.

Предложенные результаты способствуют согласованию возникающих противоречивых требований к режиму работы водохранилищ ВКК и обеспечивают требования повышения объема попусков во втором квартале в нижний бьеф Волгоградского водохранилища. Переход на переменную отметку предполоводной сработки водохранилищ ВКК позволяет увеличить объем пуска в нижний бьеф Волгоградского гидроузла во втором квартале при притоке с $P \geq 75\%$ примерно на 6 км^3 .

Результаты предназначены для повышения эффективности использования водных ресурсов водохранилищ ВКК.

Результат получен при выполнении НИР по гранту РФ «Исследование особенностей развития гидроэнергетики России в изменяющихся внешних условиях».

Авторы: Александровский А.Ю., Волков Д.М., Подольский М.С.

4. Техническое решение для снижения концевых потерь в ступенях осевых турбомашин

Разработано техническое решение для снижения концевых потерь в ступенях осевых турбомашин, заключающееся в применении меридионального оререния торцевых поверхностей лопаточных каналов.

Новизна разработанного технического решения состоит в оптимизации геометрических характеристик ребер (длины, высоты, формы и количества) по критерию максимального снижения коэффициента концевых потерь в лопаточном канале. Новизна также состоит в исследовании структуры и механизма возникновения вторичных течений в решетках профилей.

Данное техническое решение обеспечивает возможность снижения конечных потерь в турбинных решетках лопаточных турбомашин на 6,5–6,7% за счет применения меридионального двухстороннего оребрения двумя ребрами треугольного сечения.

Применение разработанного технического решения в конструкции новых паровых турбин обеспечит повышение КПД энергоблока нетто на 0,02%, что приведет к экономии 50 350 т угольного топлива и снизит величину топливных издержек на 78,5 млн руб.

Результат получен при выполнении НИР по ФЦП «Создание научно-технического задела для разработки угольных энергоблоков с сверхкритическими параметрами пара».

Авторы: Рогалев Н.Д., Зарянкин А.Е., Киндра В.О., Осипов С.К., Худякова В.П.

САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА

1. Камера сгорания малоразмерного газотурбинного двигателя

Учеными Самарского университета впервые была «напечатана» одна из самых важных деталей малоразмерного газотурбинного двигателя – камера сгорания. Жаровая труба камеры сгорания серийного малоразмерного газотурбинного двигателя ДГ-4М была изготовлена методом селективного лазерного плавления. Изделие изготовлено полностью из отечественного металлического порошка.

Для достижения заданного результата было изготовлено более ста различных опытных образцов – металлических заготовок, выплавленных при различных режимах плавления для определения структуры и физико-механических свойств металла.

Образец испытывался на огневом стенде на длительность работы в условиях эксплуатации. Условия горения были максимально приближены к реальным. Температура рабочего тела в первичной зоне камеры сгорания составляла 1600°C, на выходе из КС температура продуктов сгорания составляла 1200°C.

Авторы: Смелов В.Г., Сотов А.В., Агаповичев А.В.

2. Анатомически адаптированный имплант позвонка шейного отдела позвоночника

Ученые Самарского университета спроектировали и изготовили экспериментальный образец анатомически адаптированного импланта позвонка шейного отдела позвоночника. Имплант был изготовлен с использованием технологии селективного лазерного плавления. Он полностью соответствует индивидуальным особенностям пациентов, изготовлен из отечественных материалов и стоит в несколько раз дешевле импортных аналогов. Благодаря этой разработке тысячи больных с поврежденным позвоночником смогут вернуться к полноценной жизни.

При изготовлении экспериментального образца анатомически адаптированного импланта позвонка шейного отдела позвоночника был применен металлический порошок титана марки ВТ1-0. Время изготовления составило около четырех часов.

Уникальность проекта подчеркивается тем, что протез шейного отдела позвоночника, разработанный и созданный по аддитивным технологиям в Самарском университете, был признан лучшим 3D-проектом в первом в России рейтинге индустриальных задач в области аддитивных технологий CML AT Additive Challenge.

Авторы: Смелов В.Г., Кокарева В.В., Сотов А.В., Агаповичев А.В.

3. Поверхностный робот «Maribot»

Разработан подводный робот (класса «волновой глайдер»), представляющий собой универсальную платформу для изучения, мониторинга и проведения различных работ в открытой воде (озеро, река, море, океан). Робот состоит из двух модулей – надводного и подводного, которые соединены друг с другом кабелем, по которому происходит обмен данными. Надводная часть обеспечивает непрерывную связь робота с оператором посредством спутниковой и/или радиосвязи. На надводной части также располагаются солнечные батареи, которые обеспечивают аппарат дополнительной энергией (помимо батарейных аккумуляторов). Подводная часть робота содержит крыльевые элементы, которые преобразуют энергию волнового движения верхней части аппарата в поступательное движение всей машины. Такие аппараты имеют практически неограниченный срок службы (средний срок службы можно оценить в 5–7 лет до планового ремонта).

Группировки из таких аппаратов, способных удерживаться на одном месте под действием ветров и течений, позволяют создавать разведывательные и противолодочные рубежи в различных областях Мирового океана (что особенно актуально именно сейчас, при обострившейся военно-политической обстановке а также при интенсификации интереса ряда стран к Арктике). Что касается гражданского применения, то это, прежде всего, исследование и мониторинг состояния окружающей среды (при этом устраняется необходимость наличия исследовательского судна вместе с командой для многомесячного плавания), ретрансляция сигналов в труднодоступных условиях, сейсморазведка и т.п.

Авторы: Гафуров С.А., Салмина В.А., Мухаметзянов А.В.

4. Сверхлегкая система технического зрения, основанная на использовании дифракционной изображающей оптики и цифровой обработки

Разработана система технического зрения на основе дифракционной изображающей оптики и последующей цифровой обработки для устранения хроматизма. Использование дифракционной оптики позволяет на порядок уменьшить массу объективов для легких беспилотных летательных аппаратов и в 1,5–2 раза уменьшить их размер.

Разработана технология изготовления «высоких» дифракционных линз. Высоту микрорельефа дифракционной линзы для уменьшения хроматизма увеличивают в 5–6 раз (вместо 1–5 мкм). В этом случае хроматические искажения уменьшаются до уровня, который поддается цифровой обработке, и удается получить качество изображения, сопоставимое с изображением рефракционного фотообъектива.

Авторы: Никаноров А.В., Казанский Н.Л., Морозов А.А., Скиданов Р.В., Фурсов В.А.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Метод экономической оценки проектов долгосрочного роста горных компаний

Сущность результата заключается в новом методе обоснования стратегических проектов долгосрочного роста горной компании с учетом дополнительных факторов ценности, включая факторы реализации проектов в интегрированной компании и технологических изменений.

Уточнено определение долгосрочного роста и систематизированы виды корпоративного роста, что позволяет идентифицировать и сравнивать модели роста компаний; предложена классификация факторов роста на основании комплексного применения концепций роста и систематизированы ограничения корпоративного роста горных компаний; предложены дополнительные показатели оценки эффектов при реализации стратегических проектов, связанные с управлением факторами стоимости (методами стоимостного инжиниринга), переоценкой влияния базовых факторов ценности (методами ценностно-ориентированного анализа), реализацией проектов в группе компаний и осуществлением технологических изменений (прямым счетом).

Разработанный методический подход к оценке и обоснованию крупных стратегических проектов в компаниях минерально-сырьевого комплекса позволяет учитывать дополнительные эффекты от применения методов стоимостного инжиниринга, реализации проекта в технологической цепочке в группе компаний, влияния технологических изменений, а также результаты переоценки. Предложенный подход обеспечивает повышение качества оценки стратегических проектов, рекомендован к применению в системе планирования и контроля инвестиционной деятельности, направлен на повышение эффективности и результативности проектного подхода. Особое значение разработанный метод оценки стратегических проектов имеет при планировании долгосрочного роста горных компаний в условиях динамичной внешней среды, что характерно для современной экономики.

Разработанный метод может быть использован в интегрированных горных компаниях различных секторов минерально-сырьевого комплекса.

Авторы: Пономаренко Т.В., Белицкая Н.А.

2. Методика технико-экономической оценки технологий захвата и захоронения углекислого газа при их использовании для повышения нефтеотдачи

Сущность научного результата состоит в концептуальном и методическом обосновании целесообразности внедрения технологий повышения нефтеотдачи пластов с использованием техногенного CO_2 , способных обеспечить экономическую эффективность их использования, учесть геолого-географический потенциал нефтяных месторождений и сформировать механизмы реализации и контроля проектов утилизации CO_2 с участием бизнеса и государства.

Разработана методика оценки затрат по внедрению технологий захвата и захоронения CO_2 , возникающих на каждом из этапов технологической цепочки, а также методика оценки доходов от повышения нефтеотдачи за счет закачки CO_2 в пласт; разработана технико-экономическая модель, устанавливающая взаимосвязь между экономической эффективностью внедрения технологии утилизации CO_2 и технологическими параметрами проекта (мощностью электростанции, расстоянием от источника до месторождения, глубиной залегания пласта, площадью нефтеносности и плотностью нефти). Предложен алгоритм ранжирования территорий России для приоритетного внедрения технологий захвата и захоронения CO_2 .

Выявлены взаимосвязи, существующие между технологическими параметрами проектов захвата и захоронения CO_2 и их экономической эффективностью. Изучены особенности взаимного расположения электростанций и нефтяных месторождений в различных регионах России и проанализированы перспективы их включения в проекты утилизации CO_2 . Проведена модернизация существующих методов стимулирования предприятий снижать выбросы CO_2 с учетом передового опыта углеродной торговли и применения налогов на выбросы CO_2 . Созданы карты перспективности регионов РФ, выявляющие территории, подходящие для первоочередного внедрения технологии.

Полученные результаты исследования могут быть использованы государственными органами управления в области природопользования и экологии. Полученные знания предполагается использовать для генерации реальных проектов внедрения технологии захвата и геологического захоронения. Результаты исследования также будут использованы в секторе образования и науки для актуализации учебного процесса в горно-геологических науках, экологии, стратегическом и инновационном менеджменте.

Авторы: Череповицын А.Е., Сидорова К.И.

3. Разработка технологии доставки к поверхности озера Восток в Антарктиде измерительных и пробоборборных модулей для проведения прямых исследований водной толщи

Новое оборудование, разработанное с учетом данных, полученных при вторичном вскрытии подледникового озера Восток в Антарктиде, позволяет провести отработку технологических операций по подготовке нижнего участка скважины перед вскрытием озера Восток. Применение разработанного оборудо-

дования обеспечивает значительное снижение высоты подъема воды в скважину и позволяет существенно снизить колебания уровня воды в скважине при проведении спуско-подъемных операций.

Новизна:

1) Разработан эскизный проект скважинных расширителей для применения при вскрытии подледникового озера Восток. Изготовлены экспериментальные образцы, испытания которых проведены в период сезонных работ 59 РАЭ в 2016 г.;

2) Выполнен теоретический анализ работы бурового снаряда для взятия донных осадков, представляющего собой двухмассовую колебательную электромеханическую систему возвратно-вращательного движения (ВВД) с двумя степенями свободы.

Необходимость бурения в Антарктике для решения геологических задач отмечена в Стратегии развития деятельности Российской Федерации в Антарктике на период до 2020 г. и на более удаленную перспективу, утвержденной Правительством РФ в 2010 г.

Изучение подледникового озера Восток с использованием пробуренной скважины 5Г и развитие новых технологий бурения льда и исследования донных отложений решает научную проблему мирового уровня и укрепляет международный престиж России в антарктических исследованиях.

Прогноз применения: жесткие требования обеспечения экологической безопасности в Антарктиде при исследовании озера Восток и взятии проб донных отложений соблюдаются при применении уравновешенного бурового снаряда на грузонесущем кабеле, который позволяет выполнять вращательное бурение без опоры на стенки скважины для восприятия реактивного момента.

Полученные данные позволят уточнить гипотезу о том, что вмещающая озеро Восток депрессия представляет собой звено обширной позднепалеозойско-раннемезозойской рифтовой системы, протягивающейся от побережья моря Содружества вдоль подножия гор Гамбурцева в высокоширотную область центральной Антарктиды.

Авторы: Васильев Н.И., Дмитриев А.Н., Большунов А.В., Подоляк А.В.

БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Способ формирования цифрового панорамного изображения

Предложенный способ позволяет осуществлять формирование цифрового составного панорамного изображения от нескольких источников. Данный способ включает в себя: обработку изображений, полученных с N камер, расположенных на гранях правильного многогранника; коррекцию изображений путем компенсации искажений, вызванных объективом каждой цифровой камеры, с учетом коэффициента дисторсии и коэффициента масштабирования; нелинейную деформацию на основе аффинных преобразований каждого изображения, по данным о парах особых точек в областях перекрытия изображений, поступа-

ющих со смежных цифровых камер; расчет адресных матриц, определяющих местоположение отдельного пикселя каждого изображения граням правильного многогранника; формирование составного панорамного изображения в виде цилиндрической проекции сферы, вписанной в правильный многогранник.

Новизна предложенного способа заключается в том, что он позволяет максимально устранить нежелательные эффекты геометрических искажений от несовпадения размеров и форм изображений объектов, расположенных в области перекрытия смежных изображений. Изобретение относится к вычислительной технике и может быть использовано для формирования цифрового панорамного изображения высокого разрешения из нескольких изображений, полученных при помощи многокамерного устройства кругового обзора для обеспечения обзорного видеонаблюдения за безопасностью специальных, промышленных, административных и других объектов.

На основе предлагаемого способа была разработана портативная панорамная камера, содержащая 12 цифровых камер, расположенных на гранях правильного многогранника – додекаэдра. Данная камера позволяет производить формирование составного панорамного изображения как в сферическом виде, так в виде цилиндрической проекции данной сферы на плоскость.

Авторы: Константинов И.С., Лазарев С.А., Рубцов К.А., Маслаков Ю.Н., Курцев С.Г., Заливин А.Н., Ефимов Н.О., Веселых Н.К., Гайворонский В.А.

2. Способ нейронечеткого выбора значений межпакетного интервала при отправке данных узлами-источниками беспроводной самоорганизующейся сети

Для повышения эффективности доставки данных в беспроводной самоорганизующейся сети существует необходимость в адекватном выборе значений задержки между отправкой пакетов узлами-источниками. Способ нейронечеткого выбора значений межпакетного интервала при отправке данных узлами-источниками беспроводной самоорганизующейся сети позволяет обеспечить соответствие между текущими значениями интенсивности отправки данных узлами-источниками и текущими значениями канальной пропускной способности, доступной для передачи соответствующих потоков данных.

Разработанный способ представляет собой новое научно-техническое решение в области пакетной передачи данных, осуществляемой в сетях с динамичной топологией. Его новизна состоит в применении нейронечеткой системы для выбора значений межпакетного интервала при отправке данных узлами-источниками в беспроводной самоорганизующейся сети. Использование способа позволяет обеспечить уменьшение числа повторных передач и снижение среднего времени передачи потока данных заданного объема в беспроводной самоорганизующейся сети. Это достигается за счет нейронечеткого выбора значений межпакетного интервала в беспроводной самоорганизующейся сети, осуществление которого обеспечивает соответствие между текущими значениями интенсивности отправки данных узлами-источниками и текущи-

ми значениями канальной пропускной способности, доступной для передачи соответствующих потоков данных. Сфера применения способа: беспроводные самоорганизующиеся сети, используемые в процессе поисково-спасательных операций, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, работ в условиях опасности воздействия деструктивных и поражающих факторов природного и техногенного характера, операций по охране правопорядка, охраны важных (опасных) территориально распределенных объектов, операций по противодействию терроризму.

Авторы: Константинов И.С., Польщиков К.А., Лазарев С.А.

3. Новые знания о региональных откликах компонентов окружающей среды на изменения климата разной периодичности: юг лесостепи Среднерусской возвышенности

Сформулированы основные положения региональной концепции развития и функционирования природных и природно-антропогенных геосистем на юге лесостепи Среднерусской возвышенности в условиях меняющегося климата. Предложен ряд методологических принципов развития во времени почв и геосистем изучаемой территории.

1) Почвенный покров изучаемой территории характеризуется хроноэволюционной структурой, состоящей из соподчиненных территориальных единств с индивидуальной историей климатической эволюции почв в голоцене. Для разных пространственных уровней хроноэволюционной структуры почвенного покрова обоснованы различные варианты климатической эволюции почв.

2) Компоненты природной среды и природные геосистемы формируются длительными трендами развития, отражающими межледниковый цикл естественной эволюции природной среды. Для черноземов, формирующихся на карбонатных лессовидных суглинках, современный межледниковый тренд заключается в наращивании мощности гумусированной части почвенных профилей с тенденцией снижения мощности нижней половины почвенных профилей (гор. В+ВС) и увеличения глубины залегания карбонатов.

3) Почвы и геосистемы на юге лесостепи Среднерусской возвышенности характеризуются разновозрастностью, инерционностью и метахронностью развития. В частности, в пределах изучаемой территории зональная растительность лесостепи была сформирована в конце суббореального периода голоцена. Однако при занятии лесами степных участков инерционность эволюционной трансформации черноземов в серые лесные почвы приводила к запаздыванию возникновения зональных ареалов серых лесостепных почв по отношению к формированию зонального типа широколиственно-лесной растительности лесостепи.

4) Для почв, растительности и геосистем характерна разнопорядковая цикличность и стадийность развития. Климатические циклы разной длительности сформировали сложную динамику развития во времени геосистем. Циклическая динамика развития природных (в т.ч. лесных) экосистем определяется цикличе-

ской динамикой солнечной активности (особенно ярко проявляются 11-летний, Брикнеров (33–35 лет), вековой циклы, а также – высокочастотная динамика (3–5 лет)). Периодичность (цикличность) повторения сильных засух на юге лесостепи Среднерусской возвышенности коррелирует с циклом Брикнера (средний интервал повторяемости – 33–35 лет). В соответствии с закономерными сменами в цикле Брикнера двух квази-30-летних фаз циклогенеза и антициклогенеза, обуславливающих регулярные смены увлажнения и иссушения климата, на юге лесостепи Среднерусской возвышенности выявлены соответствующие этим фазам отклики почв, агроклиматических ресурсов, естественной и сельскохозяйственной растительности. Данные смены климата перспективны для прогнозирования состояния окружающей среды и их последствий для хозяйственной деятельности и развития экономики региона.

Выполнен довольно большой объем исследований окружающей среды в изучаемом регионе (по структуре почвенного покрова, динамике растительного покрова, климатическим изменениям и др.), результаты которых обобщены в рассматриваемой монографии. Ее научное значение состоит в совершенствовании знаний о региональных особенностях функционирования климатической системы.

Практическая полезность определяется возможностью использования монографии в образовательном процессе и востребованностью в целях прогнозирования состояния окружающей среды и их последствий для хозяйственной деятельности и развития экономики рассмотренного региона.

Авторы концепции: Чендев Ю.Г., Лебедева М.Г., Матвеев С.М., Петин А.Н., Смирнова Л.Г., Соловьев А.Б., Кухарук Н.С., Крымская О.В., Нарожняя А.Г., Терехин Э.А., Польшина М.А., Митряйкина А.М., Калугина С.В., Полякова Т.А., Белеванцев В.Г.

КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Новые методы синтеза би-, три- и тетрациклических соединений гетероциклического ряда; наноразмерные водорастворимые структуры

Би-, три- и тетрациклические соединения гетероциклического ряда представляют интерес в связи с их биологической активностью, в том числе антихолинэстеразной. Разработаны новые биологически активные гетероциклические соединения, усовершенствованы методы синтеза уже известных лекарственных средств этого ряда, повышения их биосовместимости за счет увеличения растворимости в водных средах для создания эффективных отечественных препаратов нового поколения.

1. Новые методы синтеза:

а) би- и тригетероциклических соединений – замещенных 8,9,10,11-тетрагидроиндоло[1,2-а]хиноксалин-6(5H)-онов реакцией 3-(α -хлорбензил)хиноксалин-2(1H)-онов с 1-(циклогексен-1-ил)пирролидином. Преимущества: отсут-

ствие металлокомплексных катализаторов и добавок; доступность реагентов; высокие выходы; мягкие условия реакции; одностадийность процесса. Биологическая активность: антимикробная; противоопухолевая; антигистаминная; противовирусная; болеутоляющая;

б) би- и тригетероциклических соединений – 3-функциональнозамещенных [1,2,4]триазоло[4,3-а]хиноксалин-4(5Н)-онов и производного 3-(пиразол-1-ил)хиноксалин-2(1Н)-она на основе 3-гидразинилхиноксалин-2(1Н)-она и фенилизотиоционата, уксусной кислоты и малеинового ангидрида в первом случае и ацетилацетона во втором;

в) бигетероциклических соединений – 3-арилхинолин-2(1Н)-онов реакцией внутримолекулярного трансаннелирования анилидов 3-арил-2,3-эпоксипропионовой кислоты;

г) метод конструирования три- и тетрагетероциклических соединений – имидазо[1,5-а]хиноксалин-4(5Н)-онов взаимодействием 3-арилхиноксалин-2(1Н)-онов с различными аминами и α -аминокислотами и их производными.

2. Новые средства доставки лекарственных форм:

а) регенерируемые наноконтейнеры на основе нового ПАВ с глюкаминовым фрагментом, и перевод биологически активных гетероциклических соединений в биодоступные формы;

б) эффективные наноконтейнеры на основе дикатионных ПАВ, оказывающие мультифакторный эффект (увеличение растворимости на 200%; pH-зависимые свойства; мембранотропные свойства).

Авторы: Синяшин О.Г., Захарова Л.Я., Гаврилова Е.Л., Мамедов В.А.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

1. Создание современного высокотехнологического производства по проектированию, изготовлению и испытаниям установок, компримирующих газообразные продукты для эффективного использования в транспортных системах и технологиях

Цель проекта – создание системы оптимального газодинамического проектирования промышленных центробежных компрессоров на базе высокорасходных осерадиальных рабочих колес мощностью до 32 МВт.

В 2016 году разработана методика расчета и проектирования, разработана математическая модель проточной части компрессоров и реализована в компьютерной программе расчета и оптимального проектирования, выполнены газодинамические проекты 10 модельных ступеней для последующей экспериментальной проверки методики и математической модели, разработан проект центробежного компрессора перспективных газоперекачивающих агрегатов мощностью 25 МВт с конечным давлением 101 атм.

Новизна разработки компрессора в новой трехступенчатой схеме. Вместо обычных двух рабочих колес новый компрессор имеет 3 ступени меньшего ди-

аметра с более высоким КПД и более широкой зоной работы. Промышленные центробежные компрессоры – основное машинное оборудование предприятий ТЭК. Только в Газпроме более 5000 компрессоров с единичной мощностью до 32 МВт и общей мощностью порядка 55 млн кВт. Снижение энергопотребления на 1% за счет более совершенного проектирования проточной части компрессора мощностью 25 МВт дает экономию порядка 40 млн руб./год. Установки с новыми компрессорами будут экономичнее на 1,5–2%. Авторы: Галеркин Ю.Б., Рекстин А.Ф., Солдатова К.В., Дроздов А.А.

2. Создание технологии высокоскоростного изготовления деталей и компонентов авиационных двигателей методами гетерофазной порошковой металлургии

Разработана и изготовлена лабораторная технологическая установка лазерного выращивания с рабочей зоной 2000×2000×800 мм. Аналогов в мире не существует. Проведены технологические исследования процесса лазерного выращивания образцов из порошковых сплавов на основе железа, кобальта, никеля, титана и меди. Результаты металлографических исследований и механических испытаний выращенных образцов подтвердили их бездефектность и высокие эксплуатационные характеристики. Разработаны базовые технологии лазерного выращивания компонентов газотурбинных двигателей и генераторов с максимальной производительностью более 45 куб. мм/с. Изготовлены полноразмерные образцы-демонстраторы компонентов газотурбинных двигателей и генераторов (жаровые трубы, корпуса камер сгорания).

В процессе реализации разработанной технологии прямого лазерного выращивания изделие формируется из порошка, подаваемого сжатой газопорошковой струей непосредственно в зону выращивания под лазерный луч, обеспечивающий нагрев и частичное плавление порошка и подогрев подложки. Контролируемый нагрев и оплавление порошка позволяет управлять формированием структуры изделия, обеспечивая получения заданных эксплуатационных характеристик. При этом можно подавать смеси порошков, изменяя их состав в ходе процесса выращивания, обеспечивая тем самым формирование изделий с градиентными свойствами.

Создание отечественной установки и технологии прямого лазерного выращивания обеспечивает импортнезависимость в высокотехнологичных областях аддитивного производства. Развитие и активное внедрение технологий выращивания обеспечит ускорение темпов перехода производства к шестому технологическому укладу, позволяющему значительно снизить энергоемкость и материалоемкость производства, а также получать изделия с заранее заданными эксплуатационными характеристиками.

Разработанные технологии и оборудование прямого лазерного выращивания характеризуются межотраслевой направленностью и обладают потенциалом мультипликативного технологического влияния на развитие нескольких отраслей экономики. Кроме предприятий двигателестроения, потребителями разра-

батываемой продукции могут быть предприятия ракетно-космической отрасли, транспортного, судового и энергетического машиностроения, а также медицина.

Авторы: Туричин Г.А., Земляков Е.В., Бабкин К.Д., Климова-Корсмик О.Г., Колодяжный Д.Ю., Шамрай Ф.А., Травянов А.Я., Петровский П.В., Щедрин Е.Ю.

3. Разработка технологии проектирования и организация производства головок цилиндров дизельных и газопоршневых двигателей нового поколения

Технология проектирования головок цилиндров дизельных и газопоршневых двигателей (ТПГЦД), основанная на цифровых и аддитивных технологиях изготовления деталей, определяет состав и последовательность действий, направленных на разработку, численное моделирование, изготовление и испытание опытных образцов головок цилиндров (ГЦД) перспективных двигателей.

Применение ТПГЦД позволяет значительно сократить сроки разработки и обеспечить достижение современных и перспективных требований по техническому и экологическому уровням совершенства дизельных и газопоршневых двигателей.

ТПГЦД создана впервые и имеет следующие уникальные особенности:

- универсальность, т. е. возможность применения технологии для различного класса и назначения двигателей;
- обеспечение сквозного процесса проектирования от разработки конструкции головки цилиндра до изготовления и испытаний опытного образца;
- высокая степень автоматизации процесса проектирования, изготовления и испытаний головок цилиндров двигателей.

Прогноз и перспективы применения ТПГЦД заключаются в ее развитии и доработке для распространения на другие компоненты высокофорсированных двигателей, которые в настоящее время закупаются за рубежом или полностью отсутствуют на рынке РФ.

Авторы: Лысенков И.С., Галышев Ю.В., Зайцев А.Б., Шабанов А.Ю., Румянцев В.В., Сидоров А.А., Тойбич С.В., Немчикова М.Н., Метелев А.А., Абызов О.В., Яксон И.А., Пустовалов Ю.П., Пацей П.С., Винцаревич А.В., Попов А.А., Кириленко П.Э., Ясницкий В.В., Верин В.С., Куколев М.И.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. «Молекулярный механизм действия регуляторных белков макрофагов второго типа на формирование опухолевого микроокружения и прогрессию опухолей»

Руководитель д. б. н. Кжышковска Ю.Г.

Результат – *Регуляция функций опухолеассоциированных макрофагов для снижения метастатического потенциала опухоли.*

Целью проекта является разработка инновационных подходов для персонализации лечения наиболее опасных онкологических заболеваний. Заболеваемость

злокачественными новообразованиями и смертность от них постоянно растет во всем мире. Однако эффективность лекарственной терапии, направленной на уничтожение опухолевых клеток, практически достигла своего предела и в среднем составляет не более 50–70%, для разных локализаций, при этом у 30–50% пациентов лечение является безрезультатным, потому что опухолевые клетки устойчивы к действию химиотерапии, и больные погибают от отдаленных метастазов.

Для повышения эффективности существующих и разработки новых терапевтических подходов, а также для персонализации терапии наиболее актуальным направлением является установление диагностического потенциала и алгоритмов программирования противоопухолевой активности основных клеток рожденного иммунитета – макрофагов.

В рамках проекта были использованы наиболее передовые технологии визуализации при помощи конфокальной микроскопии и количественной иммуногистохимии для анализа макрофагальных субпопуляции и экспрессии новых регуляторных белков в опухолевых образцах пациентов с раком молочной железы, полученных из биобанка Томского НИИ онкологии.

Результаты проекта впервые продемонстрировали наличие внутриопухолевых макрофагальных субпопуляций, способных препятствовать развитию метастазов при опухоли молочной железы человека. При помощи уникальных функциональных клеточных модельных систем были установлены противоопухолевые свойства нового класса белков, секретируемых внутриопухолевыми макрофагами – хитиназоподобных белков (YKL39 и SI-CLP), что открывает возможность создания на основе данных белков новых фармацевтических препаратов для подавления как роста опухоли, так и развития метастазов. Были получены уникальные данные о практически 100% прогностической значимости уровня экспрессии белка YKL39 для развития метастазов у больных раком молочной железы, что позволит создать новый диагностический тест для персонализированного подхода при мониторинге послеоперационного развития метастазов и определить группы высокого риска.

Полученные в проекте фундаментальные результаты открывают новые перспективы их трансляции для клинического применения и использования опухолеассоциированных макрофагов и их регуляторных белков в разработке персонализированных подходов терапии онкологических больных.

2. «Устройство для контроля процедуры сердечно-легочной реанимации человека»

Руководитель д. ф.-м.н. Трифонова А.Ю.

Результат – *Экспериментальный образец устройства контроля процедуры сердечно-легочной реанимации человека*

Авторским коллективом ведется разработка и создание экспериментально-го образца устройства контроля процедуры сердечно-легочной реанимации человека (далее – Устройство), осуществляющего оценку корректности и коррек-

тировку действий персонала, проводящего сердечно-легочную реанимацию пациента посредством анализа акустических сигналов кровотока и тока воздуха, регистрируемых в области бифуркаций сонных артерий и области трахеи соответственно.

Принцип работы заключается в контроле наличия витальных функций пациента, на основе которых определяется режим работы Устройства:

- режим «Мониторинг», при котором проводится циклическая проверка наличия витальных функций пациента;
- режим «Реанимация», в котором проводится оценка корректности и корректировка действий реаниматора.

Для реализации вышеописанного принципа работы Устройства необходимо было разработать комплекс программных алгоритмов оценки динамики кровотока в сонных артериях и тока воздуха в гортани реанимируемого на основе анализа акустических сигналов. Данный комплекс алгоритмов позволит определять наличие витальных функций при наступлении положительного эффекта при проведении реанимационных мероприятий. Работа устройства в режиме Мониторинг позволит реаниматору своевременно определить момент наступления повторной остановки сердца.

Алгоритм оценки динамики кровотока в сонных артериях

В настоящее время для определения динамики кровотока используют только метод ультразвуковой ангиографии, основанный на эффекте Доплера. Однако использование эффекта Доплера для определения скорости (или динамики) кровотока в сонных артериях усложнит конструкцию датчика, что в первую очередь связано с обеспечением необходимого угла между ультразвуковым излучателем и шейей пациента.

Поскольку устройство оценивает акустический сигнал кровотока, оценку его динамики можно представить как поиск количества ударов крови о место разделения сонной артерии за определенный промежуток времени.

При работе Устройства в режиме «Мониторинг» выполняется алгоритм оценки шумов регистрируемых в области бифуркаций сонных артерий, который воспринимает динамику кровотока как бинарную функцию, которая может принимать значение: 0, если не наблюдается сердцебиения; 1, если произошло сердцебиение.

Алгоритм оценки динамики кровотока в области бифуркаций сонных артерий выполняется на протяжении всего времени работы устройства в режиме «Мониторинг» и запускается сразу при переходе устройства в этот режим.

Таким образом, как только устройство обнаруживает снижение частоты сердечных сокращений пациента ниже 24 ударов в секунду, подается звуковой сигнал реаниматору о возможной необходимости перехода к реанимационным мероприятиям.

Алгоритм оценки динамики тока воздуха в трахее реанимируемого

В настоящее время для регистрации характеристик дыхания, в том числе и скорости тока воздуха, в основном используют такие методы исследования, как спирография и общая плетизмография.

Однако использование всех этих методов невозможно в составе устройства для контроля процедуры сердечно легочной реанимации ввиду использования дополнительных устройств съема информации, что непременно приведет к увеличению времени подготовки Устройства перед использованием, что в условиях спасения человеческой жизни является недопустимым.

Наиболее оптимальным методом оценки динамики тока воздуха в трахее с точки зрения достоверности и технической реализуемости является метод анализа акустических сигналов, получаемых с области трахеи реанимируемого.

Согласно алгоритму функционирования Устройства, оценка скорости тока воздуха в трахее реанимируемого происходит в режиме «Мониторинг» при опросе акустических датчиков каждые 30 секунд.

Таким образом, будем рассматривать динамику тока воздуха в трахее с точки зрения количества дыхательных движений в 30 секунд.

Алгоритм оценки динамики тока воздуха в трахее сводится к подсчету дыхательных шумов в течение 30 секунд. В случае, если за полминуты не было найдено ни одного сигнала дыхательного шума, то Устройство переходит в режим «Реанимация». В других же случаях Устройство работает в режиме «Мониторинга».

Алгоритм оценки динамики тока воздуха в трахее выполняется на протяжении всего времени работы устройства в режиме мониторинга и запускается сразу при переходе устройства в этот режим.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ НАУЧНЫХ ЦЕНТРАХ И КОРПОРАЦИЯХ

РАН в соответствии с Федеральным законом № 253-ФЗ были запрошены сведения о выполненных в 2016 году в государственных корпорациях Роскосмос, Роснано, Ростех и Росатом и в 43 государственных научных центрах Российской Федерации фундаментальных исследованиях.

Материалы представили госкорпорации Роскосмос, Ростех, Росатом и 29 государственных научных центров Российской Федерации. Госкорпорация Роснано материалы не представило.

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»**

1. Новые методы экспериментальных исследований прочности авиационных конструкций при внешних воздействиях силовых и климатических факторов

Комплекс работ, посвященный обеспечению безопасности конструкции самолета при внедрении в силовые агрегаты композиционных материалов (КМ).

Внедрение агрегатов из КМ в настоящее время требует большого объема экспериментальных работ на образцах и натурных конструкциях для обоснования существенно расширенных и новых, по сравнению с традиционными конструкциями, критериев прочности. При этом учет влияния на характеристики прочности композитных конструкций комплексных воздействий механических нагрузок и таких факторов внешней среды, как влажность и переменные температуры, является одной из главных задач.

Новизна предложенного метода заключается в одновременном воспроизведении при испытаниях металло-композитных агрегатов комплексных воздействий – силовой нагрузки, переменных температур и влажности. Здесь не требуется искусственного увеличения уровня силовой нагрузки, т.к. переменные влажность и температура воспроизводятся в процессе испытаний.

Значимость данного метода обуславливается очевидными преимуществами – сокращение объема экспериментов на образцах и снижение коэффициента увеличения механического воздействия вплоть до единицы. Снижение коэффициента ликвидирует основной недостаток приближенного метода и обеспечивает нагружение агрегата естественной величиной механической нагрузки.

Применение нового метода особенно актуально при лабораторных испытаниях на прочность при повторных нагрузках, при исследовании конструкционной живучести и обоснованиях ремонтов. В этом случае влагонасыщение и термоциклирование производятся совместно с переменными нагрузками с самого начала испытаний и, в отличие от приближенного метода, не требуется длительное до 6–8 месяцев предварительное влагонасыщение натурных агрегатов.

Для практического применения новых методов комплексных климатико-прочностных испытаний разработаны программы испытаний металло-композитных агрегатов, созданы экспериментальные установки и стенды.

Авторы: Вапиров Ю.М., Голован В.И., Дзюба А.С., Замула Г.Н., Колесник К.А., Щербаков В.Н.

2. Применение импульсных тепловых плазменных актуаторов нового типа для управления обтеканием летательного аппарата в широком диапазоне скоростей полета

Плазменные импульсные тепловые актуаторы (ИТ-актуаторы) предназначены для управления обтеканием тел с целью его перестройки в благоприят-

ном направлении – ликвидации отрыва потока и увеличения подъемной силы, сдвига положения ламинарно-турбулентного перехода, уменьшение интенсивности скачка уплотнения, создании управляющих моментов и т.п. Целью работы являлось формирование научно-технического задела для улучшения аэродинамических характеристик самолетов гражданской авиации следующих поколений, в том числе на основе инновационных разработок систем по управлению обтеканием ЛА, направленных на затягивание начала бафтинга с помощью плазменных актуаторов на крыльях при околозвуковых скоростях полета.

Расчет аэродинамических характеристик профиля показал, что для устранения эффекта бафтинга, при использовании ИТ-актуатора в режиме тангенциального выдува струи, необходимы скорости струи, близкие к скорости звука. Такие величины скоростей струи находятся на пределе возможностей ИТ-актуатора. Это означает, что использование ИТ-актуатора в режиме тангенциального выдува не может гарантировать устранение бафтинга. Поэтому был исследован другой механизм воздействия ИТ-актуатора на течение в режиме бафтинга, а именно, отсос газа изнутри отрывной зоны через щель. Оказалось, что в этом случае основание скачка фиксируется над щелью, и колебания скачка пропадают. Этот механизм воздействия на поток оказался существенно менее требовательным к энергетике актуатора. Для реализации отсоса пограничного слоя был предложен вариант конструкции ИТ-актуатора эжекторного типа и выполнено проектирование модели прямоугольного крыла с установленными актуаторами для испытаний в АДТ ЦАГИ.

Авторы: Петров А.С., Судаков Г.Г., Воеводин А.В., Корняков А.А., Петров Д.А.

3. Спонтанное излучение акустических волн неустойчивостью гиперзвукового пограничного слоя

Исследование процесса ламинарно-турбулентного перехода (ЛТП) в пограничном слое является важной задачей аэродинамики гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЛА). При низких уровнях внешних возмущений ЛТП обусловлен возбуждением и нарастанием неустойчивых мод пограничного слоя. Для типичных условий гиперзвукового полета температура обтекаемой поверхности много меньше температуры торможения. Теоретически обнаружено, что на таких режимах неустойчивость гиперзвукового пограничного слоя может излучать акустические волны во внешний поток. Этот новый эффект, который назван спонтанным излучением звука, обусловлен синхронизацией неустойчивой моды с медленными акустическими волнами непрерывного спектра.

Теоретические результаты подтверждаются прямым численным моделированием волновых поездов и волновых пакетов, распространяющихся в пограничном слое на пластине при числе Маха набегающего потока. Аномальная дисперсия неустойчивого волнового пакета приводит к сложной структуре внешнего акустического поля. Спонтанное излучение, в свою очередь, существенно влияет на развитие возмущения внутри пограничного слоя, вызывая его продольное расплывание, модуляцию и стабилизацию.

Предполагается, что обнаруженный эффект может влиять на развитие неустойчивости и, как следствие, на начало ламинарно-турбулентного перехода. Для экспериментального подтверждения данного эффекта планируется провести серию испытаний в гиперзвуковых аэродинамических трубах ИТПМ СО РАН.

Результат получен впервые в мире. Предполагается, что эффект спонтанного излучения может существенно влиять на местоположение перехода, и, как следствие, на аэродинамику и тепловые нагрузки ГЛА нового поколения. Прогнозируется, что результаты настоящего и последующих исследований данного эффекта будут внедрены в инженерную практику разработок ГЛА за ближайшие 3 года.

Авторы: Федоров А.В., Чувахов П.В.

4. Активные системы управления самолетов

Рассмотрены научные проблемы, связанные с новыми тенденциями в управлении летательными аппаратами. Существуют пассивные и активные способы обеспечения необходимых свойств летательных аппаратов. До внедрения электродистанционных цифровых систем управления доминировали пассивные методы на основе выбора аэродинамических форм и компоновок аппарата и их частей. Развитие методов автоматического управления, прогресс в области бортовых вычислительных машин открыли новые возможности, основанные на активном использовании аэродинамических и реактивных сил.

Это приводит к новой концепции, в которой облик летательного аппарата в значительной мере определяется управлением. Она основана на принципе комплексного проектирования, при котором все звенья цепочки: конструкция – аэродинамика – прочность – управление взаимосвязаны, равнозначны и определяются одновременно или в процессе последовательной (итерационной) оптимизации. Эта проблема носит глубоко комплексный характер и предъявляет существенно более высокие требования к организации системных исследований.

В России создан необходимый теоретический и экспериментальный задел для внедрения активных систем управления на отечественных самолетах. В целях разработки активных систем управления проведен анализ расчетных случаев нагружения конструкции самолета, оценено выполнение требований по ее ресурсу, а также определены условия комфортабельности полета для пассажиров и экипажа. Разработаны базовые алгоритмы активных систем снижения маневренных и ветровых нагрузок, а также систем повышения комфорта для самолетов различного назначения и размерности. Определены требования к активным системам с учетом их возможностей по получению первичных эффектов – снижению экстремальных нагрузок, снижению темпов расходования ресурса конструкции, улучшению комфорта пассажиров и экипажа. Найдены компромиссы между достигаемыми эффектами и весовыми, энергетическими затратами, а также обеспечением безопасности полета.

Сформирована структура и выявлены особенности адекватной модели упругого самолета, учитывающей нагрузки на элементы планера в расчетных случаях, а также эффективности органов управления, что имеет большое значение на этапе разработки активных систем. Разработана методика учета важнейших результатов испытаний динамически подобных моделей самолетов с моделями активных систем в аэродинамических трубах. На завершающем этапе разработки, в летных исследованиях активных систем определяются статические и частотные характеристики разомкнутых и замкнутых систем, выполняются полеты в турбулентной атмосфере для оценки эффективности активных систем управления.

Авторы: Алешин Б.С., Живов Ю.Г., Кувшинов В.М., Устинов А.С.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННОГО МОТОРОСТРОЕНИЯ ИМЕНИ П.И. БАРАНОВА»

1. Теоретическое, экспериментальное и численное исследование электрогазодинамических течений в авиационных и двигательных приложениях

Сформулирована система гидродинамических и нестационарных электродинамических уравнений, особенностью которой является наличие нестационарного электрического граничного условия на поверхности сферы. Сформулированная система гидродинамических и нестационарных электродинамических уравнений предназначена для исследования нестационарных процессов накопления электрического заряда на проводящих электрически изолированных телах, обтекаемых турбулентным потоком, при «включении» в начальный момент внешнего электрического поля и источника ионов. Новизна исследования состоит в учете турбулентного характера движения среды, внешнего электрического поля и достаточно большой скорости потока.

Создана новая электрокинетическая модель процесса образования заряда на металлических частицах. Выполнены исследования по проблеме образования заряженных микрочастиц при разрушении тел из различных материалов (металлических, непроводящих, композиционных с различными электрическими свойствами).

Совместно с проведенными экспериментальными исследованиями особенностей силового и энергетического воздействия плазменных исполнительных элементов (к которым относится диэлектрический барьерный разряд (ДБР)) на газодинамическое течение в вертикальном канале и в дозвуковом диффузоре, и численным моделированием таких течений с помощью специального разработанного метода, в котором задаются кусочно-постоянные силовые и энергетические источники, подтверждена возможность ликвидировать зону отрыва в диффузорном канале с помощью диэлектрического барьерного разряда.

Проводимые исследования лежат в основе совершенствования метода электростатической диагностики состояния элементов двигательных и энергетических устройств.

Проект РФФИ № 14-01-00232.

Руководитель проекта к.ф.м.н. Голенцов Д. А.

2. Исследование неравновесных процессов в комплексной плазме, образующейся при движении аэродинамических тел с большими сверхзвуковыми скоростями в атмосферах Земли, Марса, Юпитера и Титана

Построена модифицированная модовая модель для описания неравновесных процессов в водородной плазме (смесь H_2 -Ag, моделирующая атмосферу Юпитера), основанная на суммировании уровневых констант скоростей плазмохимических и релаксационных процессов при вычислении факторов неравновесности и глобальных констант скоростей процессов колебательно-поступательного, электронно-электронного обменов, и предназначенная для предсказательного моделирования неравновесных процессов в ударном слое в многокомпонентной смеси, состоящей из колебательно-возбужденных молекул $H_2(V)$ в основном электронном состоянии, атомов H в основном $H(4S)$ и в возбужденных $H(2S)$, $H(2P)$ электронных состояниях, ионов H^+ , H_2^+ , Ag^+ , электронов e и атомов Ag в основном состоянии.

Проведено численное моделирование и сопоставление результатов расчета эволюции неравновесных параметров и состава воздушной плазмы за фронтом сильных ударных волн по расширенной модифицированной модовой модели и по более точной уровневой модели с целью определения диапазонов параметров (давление, температура воздушного потока и число Маха), при которых модифицированная модовая модель будет давать приемлемую точность в изменении неравновесных параметров и состава плазмы за фронтом ударной волны относительно уровневой модели.

С учетом новых данных, полученных при исследовании поверхностей потенциальной энергии в системах $N_2(X_1)+CH_4$, $N_2(A_3)+CH_4$ и определении констант скоростей как реакционных каналов, так и каналов тушения возбужденных молекул $N_2(A_3)$ и $N_2(B_3)$, построена расширенная модовая кинетическая модель для описания термически неравновесных процессов в плазме, образующейся за фронтом ударной волны, распространяющейся в смеси CH_4-N_2 , представляющей атмосферу Титана. При этом термически неравновесные константы скоростей химических реакций рассчитываются на основе уровневого подхода, предложенного ранее исполнителями проекта.

Проведена модификация модовой модели для описания процессов в термически неравновесной плазме, образующейся за фронтом ударных волн, распространяющихся в смеси CO_2-N_2 , моделирующей атмосферу Марса. При этом в данной модели для описания влияния неравновесного возбуждения отдельных типов колебаний в молекулах CO_2 , N_2 и CO, находящихся как в основном, так и

в электронно-возбужденных состояниях, будет использован уровневый подход к вычислению фактора неравновесности.

Проект РФФИ № 14-08-00794. Руководитель проекта к.ф.м.н. Титова Н.С.

3. Исследование свойств закрученных потоков и турбулентных струй при наличии периодических возмущений

Расчетным и экспериментальным образом установлено существование различных режимов истечения закрученной струи в типичных для авиационной кильватерной струи условиях, а также показана возможность управления процессом образования периодических когерентных структур посредством внешних периодических возмущений на частотах, близких к собственным частотам закрученной струи ($f \sim 100\text{--}800$ Гц). Экспериментально обоснован и расчетным образом подтвержден механизм формирования звуковых волн в дальнем поле закрученной и круглой струи с позиции перемежаемости и нестационарности течения в струе.

Турбулентные закрученные струи – уникальный газодинамический объект, имеющий приложение во многих элементах авиационного двигателя – в первую очередь в камере сгорания газотурбинного двигателя для стабилизации пламени и улучшения характеристик смещения. Таким образом, управление характеристиками закрученного течения в камерных условиях может рассматриваться как критическая технология для достижения перспективных норм по эмиссии вредных веществ.

Проект РФФИ 14-01-00325/16. Руководитель проекта д.т.н. Крашениников С.Ю.

4. Разработка научных основ перспективных рабочих процессов на основе сжигания многокомпонентных смесей, содержащих наночастицы металлов и металлоидов

Построены новые реакционные механизмы, кинетические и физико-математические модели, позволяющие описывать процессы воспламенения и горения новых высокоэнергетичных топлив, состоящих из углеводородов и наноалюминия (или нанобора) с учетом процессов кластеризации мономеров Al_2O_3 (B_2O_3) и формирования полидисперсного ансамбля аэрозольных частиц Al_2O_3 , с определением размера и состава этих частиц, для предсказательного моделирования процессов воспламенения и горения композитных топлив с наночастицами Al в камерах сгорания энергетических установок и перспективных реактивных двигателей для аэрокосмических систем. Разработаны новые системы диагностики процессов горения композитных топлив, проведен анализ динамики формирования различных типов кластерных структур и получены принципиально новые данные по динамике воспламенения и горения перспективных смесевых (нано-Al+H₂O и нано-Al+H₂O+CO₂) и композитных на основе углеводородов топлив в широком диапазоне изменения параметров и составов этих топлив и по структуре, термодинамическим и физическим свойствам

кластеров из оксидов, карбидов и нитридов Al. Предложены новые решения по организации сжигания высокоэнергетичных комбинированных топлив. Проведенные исследования позволили получить новые знания о кинетике и термодинамике процессов, протекающих при горении и взрыве в условиях высоких температур и высоких плотностей энергии и новые данные по динамике воспламенения и горения перспективных смесевых композиций на основе наночастиц Al. Полученные результаты являются новыми. В мире в настоящее время не существует кинетических и физико-математических моделей, способных описать процессы воспламенения и горения композитных ($Al+H_2O+CO_2$) и высокоэнергетичных комбинированных углеводородных топлив с наночастицами Al.

Проект РФФИ № 14-19-01128.

Руководитель проекта Старик А.М.

5. Интенсификация воспламенения и горения органических и неорганических газообразных топлив в до- и сверхзвуковых потоках при возбуждении внутренних степеней свободы реагирующих молекул

Проект направлен на решение важной фундаментальной проблемы физических основ энергетики – разработку эффективных методов интенсификации процессов воспламенения и горения и увеличение эффективности сжигания органических и неорганических топлив в газовых потоках и в камерах сгорания двигателей различных транспортных систем, а также снижение эмиссии экологически опасных компонентов при малых энергетических воздействиях на систему.

Проведено численное исследование воспламенения и горения синтез-газа разного состава при создании в горючей смеси электронно-возбужденных молекул $O_2(a1)$ или молекул O_3 , определена эффективность воздействия активных молекул на ускорение времени воспламенения и скорости ламинарного пламени, выполнен анализ кинетических механизмов, ответственных за развитие цепного процесса в таких смесях.

Проведено 2D-моделирование процессов в двигателе внутреннего сгорания с компрессионным воспламенением, использующим в качестве топлива синтез-газ, при создании в горючей смеси химически активных компонентов: электронно-возбужденных молекул $O_2(a1)$, атомов O или молекул O_3 , определено оптимальное количество активных компонентов и момент их создания, с целью получения наилучших энергетических и эмиссионных характеристик двигателя.

Выполнены расчетно-экспериментальные исследования воспламенения и горения смеси CH_4-O_2 при воздействии резонансного лазерного излучения с длиной волны 193,3 нм, приводящего к образованию атомов O в результате фотодиссоциации молекул O_2 , измерено время воспламенения смеси при таком воздействии в зависимости от температуры и давления смеси, а также от интенсивности лазерного излучения, проведено моделирование эксперимента, для объяснения наблюдаемых явлений.

Проведено численное исследование процессов воспламенения и горения смеси $\text{CH}_4 + \text{H}_2$ в сверхзвуковом потоке воздуха в модельной камере сгорания высокоскоростного прямоточного воздушно-реактивного двигателя и выполнен анализ влияния величины концентрации подаваемого в поток H_2 на процесс интенсификации горения и увеличение полноты сгорания.

Проект РФФИ № 14-08-00743.

Руководитель проекта академик РАН Фаворский О.Н.

6. Неравновесные физико-химические процессы в реагирующих средах и в комплексной плазме с возбужденными атомами и молекулами

Проект направлен на комплексное исследование кинетики элементарных процессов с участием колебательно- и электронно-возбужденных молекул, построение кинетических моделей и реакционных механизмов для описания процессов в реагирующих многокомпонентных газовых потоках и комплексной плазме, содержащей кластеры и наночастицы, при возбуждении колебательных и электронных степеней свободы молекул (термически неравновесные процессы при горении и детонации и в ударных волнах, в верхней и средней атмосфере, в низкотемпературной плазме и при воздействии резонансного лазерного излучения), изучение физико-химических превращений при взаимодействии молекулярной, ионной и кластерной подсистем в случае присутствия возбужденных компонентов в пылевой плазме, образующейся при горении углеводородных, синтетических и композитных топлив, содержащих наночастицы металлов, а также за фронтом ударных и детонационных волн и анализ возможности управления физико-химическими процессами при возбуждении внутренних степеней свободы молекул и ионизации газа в таких системах.

Проведен анализ влияния возбуждения молекул O_2 в состояния $\text{O}_2(a1)$ и $\text{O}_2(b1)$ на скорость распространения ламинарного пламени в смеси $\text{H}_2\text{S} + \text{воздух}$ с различным составом, выявлены основные процессы, ответственные за увеличение скорости распространения пламени в таких смесях при возбуждении молекул O_2 в состояния $\text{O}_2(a1)$ и $\text{O}_2(b1)$ и проведено сравнение эффективности такого воздействия с обычным методом нагрева смеси.

Построена новая кинетическая модель, описывающая процессы воспламенения и горения смеси $\text{CH}_4 - \text{C}_2\text{H}_6 - \text{H}_2\text{S}$, представляющей собой попутный нефтяной газ, в воздухе при возбуждении молекул O_2 в электронное состояние $\text{O}_2(b1)$ и при фотодиссоциации молекул O_2 резонансным лазерным излучением с длиной волны 762,3 и 193,3 нм соответственно. С использованием данной модели проведен численный анализ возможности интенсификации процессов воспламенения и горения смеси $\text{CH}_4 - \text{C}_2\text{H}_6 - \text{H}_2\text{S} - \text{O}_2(\text{воздух})$ при наличии в смеси возбужденных молекул $\text{O}_2(a1)$ и $\text{O}_2(b1)$, образующихся при воздействии излучения с длиной волны 762,3 нм и при генерации атомов O в смеси вследствие фотодиссоциации молекул O_2 излучением с длиной волны 193,3 нм.

С использованием результатов квантово-химического анализа процессов $\text{Al} + \text{H}_2\text{O}_2$, $\text{AlO} + \text{H}_2\text{O}_2$ и $\text{AlOH} + \text{H}_2\text{O}$ построена новая кинетическая модель для

описания физико-химических процессов в смеси нано- $\text{Al-H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{O}$, учитывающая кинетику испарения жидких кластеров Al (с размером $d = 1\text{--}3$ нм), образующихся на начальной стадии окисления ноначастиц Al вследствие разрыва оксидной оболочки, кинетику газофазных реакций и кинетику формирования конденсированной фазы из $(\text{Al}_2\text{O}_3)_n$ в продуктах сгорания.

Создана новая уровневая модель для описания термически неравновесных процессов в воздушной плазме, образующейся за фронтом сильных ударных волн, распространяющихся в смеси $\text{N}_2\text{-O}_2\text{-Ar}$ при расширении высокотемпературного ($T \sim 10000\text{--}15000$ К) воздуха в сверхзвуковом сопле, и термически неравновесная модовая модель, основанная на суммировании уровней констант элементарных процессов колебательно-поступательного, междумодового колебательно-колебательного возбуждения колебательных состояний молекул электронным ударом, реакций диссоциации и ионизации электронным ударом и других плазмохимических процессов.

Проект РФФИ №14-01-00464.

Руководитель проекта д.ф.м.н., с.н.с. Старик А.М.

7. Физико-химические процессы образования экологически опасных компонентов при горении углеводородных, синтетических и альтернативных топлив в камерах сгорания реактивных двигателей и энергоустановок

Проект направлен на изучение динамики процессов горения различных топлив и образования загрязняющих атмосферу соединений и анализ возможности существенного снижения концентрации этих соединений при горении различных топлив в камерах сгорания двигателей транспортных систем и энергетических установок.

В 2016 году был проведен численный анализ кинетики и динамики процессов воспламенения и горения различных топлив и образования загрязняющих атмосферу как газообразных соединений, так и аэрозольных частиц, разработаны на основе этих исследований модели прогностического уровня, позволяющие определять энергетические характеристики и эмиссию как газообразных веществ, так и различных аэрозолей в атмосферу в зависимости от вида топлива (углеводороды, синтез-газ, смесевые топлива $\text{CH}_4\text{+H}_2$, $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{+H}_2$, $\text{C}_{10}\text{H}_{22}\text{+H}_2$, природный газ ($\text{CH}_4\text{+C}_2\text{H}_6\text{+C}_3\text{H}_8$)), режимов работы энергоустановок, авиационных реактивных двигателей и перспективных двигателей внутреннего сгорания с компрессионным воспламенением гомогенной смеси. Изучена кинетика энергетически разветвленных цепных реакций с участием электронно-возбужденных молекул и атомов и проведен анализ возможности существенного снижения концентрации экологически опасных компонентов: NO_x , CO_x в продуктах сгорания углеводородных и перспективных смесевых топлив.

Грант Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ РФ 14.120.16.7018-НШ.

Руководители по гранту академик РАН Фаворский О.Н., д.ф.-м.н. Старик А.М.

8. Разработка научных основ новых эффективных технологий получения водорода из углеводородного сырья и низкокалорийных органических топлив плазмохимическими методами

В рамках проекта впервые начато комплексное исследование кинетики элементарных реакций с участием возбужденных атомов и молекул и механизмов протекания неравновесных энергетически разветвленных цепных реакций в смесях, содержащих предельные и непредельные углеводороды, органические молекулы, оксид углерода, водород, синтез-газ и воздух, с участием химически активных электронно- и колебательно-возбужденных молекул O_2 , N_2 , H_2O , CO_2 , CO , H_2 , а также активных атомов и радикалов O , H , OH , CH_3 , O_3 и др., образующихся в специально организованном электрическом разряде в атмосферном воздухе или в смесях $C_nH_m + H_2O$, $C_nH_m + CO_2$ и $CO + H_2O$.

Комплекс исследований, проведенных в 2016 году, включает аналитический обзор научных и информационных источников по методам интенсификации окисления и конверсии углеводородов и низкокалорийных топлив, теоретический анализ кинетики взаимодействия электронно- и колебательно-возбужденных молекул с исходными молекулами углеводородов или их производных и с продуктами их реформинга методами квантовой химии (*ab initio* или функционала электронной плотности), построение новых кинетических моделей для описания неравновесных плазмохимических процессов в электрическом разряде в кислороде и во влажном воздухе, а также в смесях и создание реакционных механизмов для описания протекания энергетически разветвленных цепных реакций в реагирующих смесях, состоящих из углеводородов их производных, кислорода или воздуха, активированного электрическим разрядом, и процессов формирования экологически опасных соединений, а также исследования процессов частичного окисления и паровой конверсии (или их комбинации) H_2S , проведена модификация лабораторной установки с диагностическим комплексом для исследования процессов частичного окисления, паровой и сухой конверсии углеводородов и органических соединений, включая попутные нефтяные газы и низкокалорийные топлива, в случае наличия в смеси электронно- и колебательно-возбужденных молекул O_2 , N_2 и их регистрации с использованием оптических и спектральных методов диагностики неравновесных газовых потоков.

Проект РФФ № 16-19-00111.

Руководитель проекта академик РАН Фаворский О.Н.

9. Разработка и исследование систем с адаптивной структурой управления на основе применения синтетических струй для улучшения газодинамических характеристик узлов авиационных двигателей

Основной целью проекта является исследование фундаментальных газодинамических закономерностей образования и распространения струй с нулевым расходом рабочего тела – синтетических струй. Настоящий проект направлен на исследование возможности более широкого применения компактных гене-

раторов синтетических струй (ГСС) в различных узлах авиационных двигателей – переходных каналах, дозвуковых, сверхзвуковых и гиперзвуковых воздухозаборниках, лопаточных устройствах и соплах.

Разработанная математическая модель на основе RANS/ILES-метода обеспечивает хорошее совпадение с данными эксперимента по осредненным параметрам течения и турбулентности. Проведено многопараметрическое расчетно-экспериментальное исследование модели переходного канала с применением алгоритма адаптивного управления пристеночными отрывными течениями. Наилучшим вариантом выбран вариант вдува наклонных синтетических струй из трех блоков генераторов.

Уточнена временная задержка воздействия струй ГСС на отрыв, которая составила порядка 4–6 мсек, а время рассасывания при выключении ГСС – 10–15 мсек при частоте воздействия 800 Гц. Уменьшение потерь для числа Маха на входе $M = 0,34–0,66$ составляет 36–13% для модельного канала и 41–18% при $M = 0,2–0,45$ на входе для натурального диффузора перспективного ТРДД.

Мощность, потребляемая одним блоком, составляет 300–400 Вт, так что для натурального канала при использовании пьезокерамических излучателей суммарная потребляемая мощность может составлять 10–15 кВт. При этом предполагается, что на срезе сопел пьезокерамических излучателей реализуется максимальная скорость 100–200 м/сек. Для различных режимов при изменении числа Маха на входе в канал M_0 , частоты f и мощности W генератора синтетических струй (ГСС) было продемонстрировано уменьшение потерь до 35–50% при полном устранении отрывных зон. Также было получено значительное улучшение равномерности потока в выходном сечении диффузора.

Полученные результаты являются уникальными и позволяют перейти к созданию конкретных устройств по уменьшению газодинамических потерь в различных узлах авиационных двигателей: переходных каналах, воздухозаборниках, соплах, лопаточных машинах, что безусловно находится на уровне лучших мировых достижений.

Проект РФФИ 15-08-01996-а.

Руководитель проекта к.т.н. Степанов В.А.

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ
ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ – ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ ИМЕНИ А.И. ЛЕЙПУНСКОГО» (УЧРЕЖДЕНИЕ
ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»)**

Расчетно-экспериментальные исследования кипения натрия в активной зоне в обоснование самозащищенности быстрого энергетического реактора нового поколения БН-800

Впервые на модели тепловыделяющей сборки экспериментально показана возможность бескризисного кипения натрия в активной зоне быстрого реактора с предложенным инновационным конструктивным решением активной

зоны с «натриевой полостью», что позволяет скомпенсировать положительный натриевый пустотный эффект реактивности в аварийных режимах, полностью исключить разгерметизацию твэлов и развитие тяжелой аварии с плавлением ядерного топлива.

Разработанная картограмма режимов позволила усовершенствовать расчетную модель течения двухфазного потока натрия в ТВС, верифицировать комплексный код COREMELT для расчетного обоснования самозащищенности быстрого реактора нового поколения БН-800, признанного лучшим в мире атомным энергоблоком в 2016 году.

Авторы: Труфанов А.А., Сорокин А.П., Иванов Е.Ф., Привезенцев В.В.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Разработка новых технологических приемов использования редкоземельных металлов для повышения функциональной эффективности металлургических продуктов специального назначения. Руководитель – академик РАН Каблов Е.Н.

В рамках подпрограммы «Развитие промышленности редких и редкоземельных металлов» государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» выполнено четыре государственных контракта, направленных на разработку новых технологических приемов улучшения эксплуатационных свойств и экономических показателей ряда металлургических продуктов специального назначения. Системные исследования, проведенные рядом лабораторий института в рамках Технологической платформы «Материалы и технологии металлургии», завершены разработкой конкурентоспособных технологий, соответствующих мировому уровню.

В число разработок вошли:

- технологии изготовления высокочистых материалов нового поколения со специальными свойствами на основе редких металлов (РМ) и редкоземельных металлов (РЗМ), в том числе высокоэнергетических термостабильных магнитов, востребованных для спецтехники;

- новое поколение высокоогнеупорных и высокотемпературных керамических композиционных материалов с повышенным уровнем эксплуатационных характеристик на основе оксидов РЗМ; элементы теплозащитных покрытий на основе РЗМ; созданы ресурсосберегающие технологии их производства;

- выявление состава и создание технологии получения высокожаропрочных, коррозионностойких сплавов на основе никеля и сталей, легированных РЗМ, с повышенным уровнем эксплуатационных характеристик, с учетом переработки всех отходов, литья и термической обработки заготовок;

- технологии производства на базе легирования РЗМ и вариации составов конструкционных материалов (на основе алюминия, магния, титана и его ин-

терметаллидов) для повышения прочностных характеристик материалов для газотурбинных установок и авиации.

Исследования завершены в 2016 г. передачей разработанных технологий в сертифицированное малотоннажное производство ФГУП «ВИАМ». Для изготовления высокоэнергетических термостабильных магнитов в ФГУП «ВИАМ» за счет собственных средств создан производственный участок, обеспечивающий отечественные потребности в этих материалах.

Полученные результаты работ защищены 18 патентами, создано 57 ноу-хау. На разработанные технологические приемы выпущено 56 технологических инструкций (ТИ), на материалы и полуфабрикаты из них – 34 технических условий (ТУ). Результаты проведенных исследований опубликованы в 64 статьях отечественных научных журналов, издана монография. С использованием результатов исследований защищена 1 диссертация на соискание степени доктора технических наук, 3 – кандидата технических наук, 1 диссертация представлена к защите.

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЛЕТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ М.М. ГРОМОВА»

1. Разработка и исследования по созданию технологий и средств проведения испытаний авиационного вооружения авианесущих кораблей

Одним из важнейших слагаемых боеспособности авианесущих кораблей ВМФ РФ является применение самолетов и вертолетов во всех ожидаемых условиях эксплуатации корабля. В то же время повышение скорости хода кораблей, большое количество вооружения и радиоэлектронного оборудования, установленного на палубных надстройках, существенно усложняют вихревую структуру воздушных потоков на взлетно-посадочной площадке (ВППл) вертолета. Это может ограничить условия применения вертолетов по причине снижения безопасности полетов при выполнении взлетно-посадочных операций.

Для достижения необходимой эффективности применения авиационной техники на авианесущих кораблях были выполнены следующие научно-исследовательские работы:

- созданы уникальные технологии и средства проведения испытаний авиационного вооружения авианесущих кораблей, включая корабли с одиночным базированием вертолетов, в части аэродинамической совместимости корабля и корабельных летательных аппаратов (ЛАК);

- проведены измерения воздушных потоков в период заводских и государственных ходовых испытаний на кораблях различных проектов и подготовлены заключения по воздушным потокам, определяющие условия безопасного выполнения взлетно-посадочных режимов для самолетов и вертолетов корабельного базирования;

– выполнены расчеты структуры вихревого следа за тяжелыми самолетами-танкерами и аэродинамических характеристик воздействия следа на направляемые самолеты; разработаны методические рекомендации по проведению испытательных полетов по дозаправке в воздухе военных стратегических самолетов.

В соответствии с разработанными рекомендациями выполнен испытательный полет легкого самолета в зоне заправки за тяжелым танкером, по результатам которого сделан вывод о возможности обеспечения дозаправки военных стратегических самолетов в воздухе с использованием тяжелого самолета-танкера.

Планируется использовать созданные технологии и средства при проведении заводских ходовых испытаний авиационного вооружения на кораблях новых проектов. По результатам этих испытаний будут выданы заключения по воздушным потокам, определяющие условия безопасного выполнения взлетно-посадочных режимов для эксплуатируемых на этих кораблях ЛАК.

Авторы: к.т.н. Вид В.И., к.т.н. Замятин А.Н., Власов П.Н., Крутов А.В., Рогозин В.В., Зуев С.А., Урахчинский С.В., Курбесов В.Д., Кожурин В.Р.

2. Летные исследования и испытания опытного образца нового поколения авиационных газотурбинных двухконтурных двигателей ПД-14

Опытный перспективный авиационный газотурбинный двухконтурный двигатель ПД-14 с тягой 14 т разработан пермским АО «Авиадвигатель» в рамках Государственной программы «Развитие авиационной промышленности Российской Федерации на период 2012–2025 гг.».

В ГНЦ РФ АО «Летно-исследовательский институт им. М.М. Громова» была создана специализированная летающая лаборатория на базе самолета Ил-76ЛЛ № 0807 с усиленным крылом.

Летные испытания опытной двигательной установки ДУ ПД-14 на летающей лаборатории Ил-76ЛЛ являются обязательным этапом технологического процесса создания авиационной техники и необходимым условием допуска опытного самолета МС-21-300 к первому вылету и началу его летных испытаний.

Летные испытания двигателя ПД-14 проводились на основании требований Сертификационного базиса двигателя ПД-14 (СБ ПД-14), пункт 33.89 в составе самолета Ил-76ЛЛ № 0807 в обеспечение получения сертификата типа на двигатель ПД-14.

В процессе летных испытаний ПД-14 были определены летно-эксплуатационные и прочностные характеристики, а именно:

– оценка характеристик авторотации двигателя и его запуска в полете с подкруткой и без подкрутки ротора ВД от воздушного стартера;

– определение параметров работы двигателя на установившихся и неустановившихся режимах его работы и полета летающей лаборатории (в том числе с включением отборов воздуха и электрической мощности от генератора);

- определение характеристик электронной системы автоматического управления, контроля работы и состояния двигателя;
- определение и оценка вибрационных напряжений лопаток вентилятора, отсутствия в условиях полета автоколебаний и недопустимых резонансных колебаний лопаток турбокомпрессора;
- определение вибрационных характеристик конструкции двигателя и отработка системы виброконтроля его состояния и другие характеристики систем двигателя.

В результате проведенных исследований и испытаний выданы рекомендации по совершенствованию характеристик и конструктивному совершенствованию двигателя.

Летные испытания позволяют существенно повысить безопасность, уменьшить объем заводских испытаний самолета, сократить сроки и повысить качество летно-конструкторских, государственных и сертификационных испытаний.

Авторы: к.т.н. Кулаков А.Д., Попов В.В., д.т.н. Коровин Б.Б., Кузнецов В.П., Жихарев В.Н., Тихонов В.Н. и др.

3. Разработка и летные исследования алгоритмов оценки характеристик бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) и рекомендаций по повышению их точностных характеристик

Инерциальные навигационные системы являются одной из основных систем пилотажно-навигационного оборудования летательного аппарата, высокоточной, надежной автономной навигационной системой, обеспечивающей непрерывное определение параметров пространственного движения ЛА во время всего полета от взлета до посадки и пробега независимо от географических условий, интенсивности маневрирования и т.д.

При сертификационных испытаниях должна быть оценена характеристика БИНС на соответствие целому ряду критериев, таких как точность, помехоустойчивость, надежность, отказобезопасность, контролепригодность, время готовности к работе, основные конструктивные характеристики, эргономические характеристики, эксплуатационная и ремонтная технологичность, технический ресурс.

В выполненных исследованиях поставлена и решена задача разработки новых алгоритмов оценивания точностных характеристик БИНС (выходных параметров и инструментальных погрешностей), методов и технологий испытаний и отработки, обеспечивающих повышение точности БИНС и разработаны предложения повышения эффективности летных испытаний – сокращения объемов, сроков и стоимости.

Разработана новая модификация алгоритма оптимальной комплексной обработки информации от бесплатформенных инерциальных и спутниковых навигационных систем с уточненной моделью погрешностей БИНС в части учета неортогональности осей чувствительности гироскопов и акселерометров.

Для повышения точности и эффективности испытаний БИНС в части сокращения объемов, сроков и стоимости летных испытаний в АО «ЛИИ

им. М.М. Громова» разработана технология цифронатурных испытаний перспективных БИНС, которая базируется на оценивании точностных характеристик БИНС на основе рациональной организации технологического цикла отработки БИНС:

- испытания на мобильной базовой контрольной станции (МБКС) на базе автомобиля при поездках по аэродрому и по автомагистралям;
- испытания на летающей лаборатории (ЛЛ);
- оценивание на опытном летательном аппарате.

По результатам исследований сделан вывод о возможности сокращения числа испытательных полетов в 1,5–2 раза. Исследования будут продолжены в части совершенствования методов и алгоритмов оценки погрешностей БИНС и формирования базы знаний комплексной оценки по материалам летных экспериментов, стендового и математического моделирования. Разработанная технология будет внедрена в практику летных испытаний БИНС на опытных ЛА.

Авторы: д.т.н. Харин Е.Г., Копелович В.А., к.т.н. Якушев А.Ф., Макарова А.Ю., Якушев В.А., Клабуков Е.В., Ильин В.Б., Грехнева А.Д.

4. Исследования и разработка способа оценки нагружения конструкции самолета при летных прочностных испытаниях с помощью искусственных нейронных сетей

Разработан способ оценки нагружения конструкции самолета при летных прочностных исследованиях с помощью искусственных нейронных сетей.

Сущность способа состоит в том, что на основе выполненных в полете измерений деформаций конструкции строится ее нейросетевая модель нагружения в зависимости от параметров полета.

Новизна способа заключается в отдельном рассмотрении динамических и статических компонент нагружения и последующем установлении их связи с помощью корреляционных и спектральных методов и расчета итоговой усталостной повреждаемости конструкции. Высокая точность способа (за счет существенной многомерности нейросетей, превышающей возможности обычных параметрических зависимостей) позволяет осуществить в ходе испытаний надежный прогноз нагружения на необследованных режимах.

Значимость разработки состоит в том, что она позволяет повысить безопасность летных испытаний, сократить количество полетов и соответственно уменьшить сроки и стоимость испытаний. В дальнейшем, при эксплуатации самолета созданные нейросетевые модели могут быть использованы для мониторинга конструкции и расхода ее ресурса.

Прогноз применения результатов разработки:

- повышение эффективности летных прочностных испытаний и качества создаваемых самолетов;
- создание и внедрение высокоточных бортовых систем слежения за состоянием конструкции ЛА с позиций прочности.

Авторы: к.т.н. Арнаутов Е.В., к.т.н. Лучинский М.Н.

5. Разработка методов исследования вибрационных и ударных нагрузок на летательный аппарат (ЛА)

Выполнен анализ проблем разработки методов оценки соответствия характеристик нагружения бортового оборудования (БО) квалификационным требованиям, установленным в разных редакциях международных документов DO-160 и отечественных документов КТ-160 по параметрам внешних воздействий в части вибрации и ударов на ЛА. При гармонизации указанных документов в международные НТД были внесены отечественные требования по параметрам вибрационных нагрузок, учитывающих все режимы эксплуатации ЛА. Последняя редакция документов КТ-160G и DO-160F, G полностью идентичны по нормативным требованиям к БО ЛА.

Для внедрения в практику летных сертификационных испытаний ЛА указанных документов были разработаны методы оценки соответствия реальных характеристик нагружения бортового оборудования нормативным требованиям.

Разработана методика измерения динамических нагрузок, основанная на разделении реальных смешанных процессов на случайные и синусоидальные вибрационные и ударные составляющие. За основу принята методология анализа случайных процессов с одновременным получением дополнительных характеристик в виде интегрального и амплитудного спектров, что позволяет получать все требуемые характеристики вибрации и ударов и сократить временные затраты на обработку измерительной информации в 2–3 раза. Методология базируется на научно-технических разработках последних лет, по одной из которых получен патент на изобретение, а по другой – подана заявка на предполагаемое изобретение.

Результаты работы будут применяться в летных сертификационных испытаниях ЛА (в частности, МС21-300) по измерению вибрации и ударов в местах размещения бортового оборудования ЛА, что позволит сократить временные затраты на получение доказательной документации по параметрам внешних воздействий на БО.

Авторы: к.т.н. Митенков В.Б., Кудашин В.С., Баранова М.С., Остапенко В.Н., Саркисян А.Ф.

Результаты летных исследований изложены в научно-технических отчетах АО «ЛИИ им. М. М. Громова» № 191-16-III и № 192-16-III.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «КРЫЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

1. Проектирование гребного винта и проведение модельных испытаний в обеспечение создания гребных винтов регулируемого шага для кораблей класса «Корвет»

До настоящего времени в отечественной практике винты регулируемого шага устанавливались только на малых надводных кораблях типа тральщиков и буксиров. Эти корабли характеризуются относительно небольшими скоростями полного хода и соответственно относительно низкой потребляемой мощностью.

В итоге бюро-проектам быстроходных надводных кораблей, имеющих большие потребляемые мощности, приходится искать поставщиков ВРШ за рубежом.

Выполнен комплекс научно-исследовательских и проектных работ, включая экспериментальные исследования в опытовом бассейне и кавитационной трубе, для определения гидродинамических кавитационных и квазиакустических характеристик ВРШ для обеспечения переработки мощности 20 мВт. В процессе модельных испытаний проведены измерения гидродинамических и инерционных скручивающих моментов, действующих на лопасти ВРШ, обеспечивших получение необходимых сведений при проработке прочности лопастной системы и механизма изменения шага.

Полученные результаты предоставили проектантам важнейшую информацию для проектирования опытного образца гребного винта регулируемого шага головным исполнителем ОКР – Головным филиалом «НПО “Винт”» АО «ЦС “Звездочка”».

В результате выполнения ОКР изготовлен и испытан опытный образец гребного винта регулируемого шага. Таким образом, в настоящее время при проектировании новых кораблей класса «корвет» для отечественного ВМФ бюро-проектанты имеют возможность использовать отечественные винты регулируемого шага.

Авторы: Капранцев С.В., Фролова И.Г., Ивонин Е.С.

2. Научно обоснованы технические решения по созданию малогабаритной энергетической установки, которая относится к новому классу ядерных установок – электроядерным (ЭЛЯУ), в которых принципиально исключена возможность реактивных аварий (реакция деления осуществляется в подкритическом реакторе, а необходимая плотность нейтронного потока формируется за счет дополнительного источника нейтронов большой интенсивности, который создается при облучении мишеней из тяжелых элементов пучком заряженных частиц из ускорителя).

Разработаны математические модели нейтронно-физических процессов в активной зоне ЭЛЯУ, получены аналитические решения задач по определению ценности внешнего источника нейтронов в однородной подкритической активной зоне и кинетики активной зоны ЭЛЯУ с линейным ускорителем.

Разработаны технические предложения по созданию малогабаритной (защитный контейнер диаметром 10 м и длиной 35 м) ЭЛЯУ полезной мощностью 25 МВт (электрической) на базе линейного ускорителя протонов с относительно низкой энергией пучка (энергия протонов 300 МэВ, средний ток 5 мкА), подкритического одноконтурного высокотемпературного газоохлаждаемого реактора тепловой мощностью 200 МВт с гелиевым теплоносителем, твердой нейтронопроизводящей мишени и газотурбинной установки.

Выполненные работы позволяют создать малогабаритную энергетическую электроядерную установку.

Разработанные технические предложения могут быть использованы при создании демонстрационных ЭЛЯУ, в перспективе возможно применение ЭЛЯУ для трансмутации долгоживущих радиоактивных отходов ядерной энергетики.

Авторы: Кудинович И.В., Головкина А.Г., Богданов А.А.

3. Разработана технология создания высокоэффективных противоаварийных спринклерных систем нормализации радиационной обстановки для гражданских судов с атомными энергетическими установками (АЭУ)

Предложено схемно-конструктивное решение противоаварийной системы, состоящей из совместно работающих спринклерной и барботажной систем, обеспечивающих снижение давления в защитной оболочке и нормализацию радиационной обстановки при авариях с потерей теплоносителя первого контура АЭУ.

Разработанная система удовлетворяет требованиям отечественных и международных нормативных документов по обеспечению радиационной безопасности судов с АЭУ, исключает при авариях выброс в атмосферу и сброс в акваторию радионуклидов, предотвращает облучение населения и радиоактивное загрязнение окружающей среды.

Выполнены экспериментальные стендовые испытания при условиях, моделирующих аварийные, которые подтвердили высокую эффективность разработанной системы по снижению давления и выведению радионуклидов из атмосферы защитной оболочки АЭУ.

Новизна технического решения подтверждена заявкой на изобретение (№ 2014148190/07(077537), которая находится в стадии рассмотрения.

Разработанная технология может быть использована также на вновь проектируемых атомных ледоколах и плавучих атомных электростанциях.

Авторы: Балабин В.П., Кучин Н.Л.

4. Комплекс работ по разработке технологий и технических средств для подъема, транспортировки и передачи на утилизацию затопленных и затонувших ядерно и радиационно опасных объектов

В Российской Федерации впервые создается отечественный универсальный судоподъемный комплекс для выполнения указанных выше задач, а также различных подводно-технических работ по освоению месторождений углеводородов и твердых полезных ископаемых на континентальном шельфе морей Российской Федерации на дне Мирового океана.

Авторы: Малышев С.П., Егоров Е.Г., Богданов А.А., Чеботарев Е.Н.

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КОНЦЕРН «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОПРИБОР»»

Применение эффектов сверхпроводимости для создания сверхвысокоточных инерциальных датчиков

Научные результаты:

1. Проведены исследования возможности использования сверхнизких температур и эффектов сверхпроводимости в приборостроении для создания идеальных диамагнитных подвесов и датчиков углового положения кинетического момента сверхпроводящего ротора на базе сквид-магнитометра и поля Лондона.

2. Проработаны конструктивные варианты элементов сверхвысокоточных гироскопов и акселерометров с использованием сверхпроводимости.

3. Отработаны технологические процессы изготовления базовых сверхпроводящих элементов приборов, обеспечивающие их высокие электрофизические характеристики, требуемые механические и геометрические параметры.

4. Проведен теоретический анализ погрешностей гироскопов и акселерометров, использующих эффекты сверхпроводимости.

5. Изготовлены экспериментальные образцы сверхпроводящих инерциальных чувствительных элементов.

Полученные результаты позволят приступить к созданию инерциальных навигационных систем, обеспечивающих высокую точность выработки координат места и курса при существенном увеличении времени автономности подвижных объектов.

Авторы: Литманович Ю.А., Левин С.Л., Машичев В.А., Святой В.В., Степченко М.В., Цветков В.Н., Чесноков П.А., Щербак А.Г., Махаев Е.А., Рябова Л.П.

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИИ СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА»

Технология и роботизированный комплекс лазерной наплавки

В 2016 году в АО «ЦТСС» разработана технология и создан комплекс роботизированного оборудования для лазерной наплавки. Наплавка – это эффективный способ восстановления изношенных или улучшения прочностных характеристик новых деталей механизмов и машин. Разработанная технология газопорошковой лазерной наплавки позволяет значительно повысить физико-механические и эксплуатационные свойства изделий. Процесс заключается в нанесении расплавленного порошка на обрабатываемое изделие, поверхность которого разогрета до температуры плавления. Сфокусированный лазерный луч создает на поверхности детали сварочную ванну, в которую локально подается металлический порошок. Материал основы подвергается кратковременному расплавлению. Преимущества газопорошковой лазерной наплавки:

- малый коэффициент перемешивания с основным металлом (0,05...0,15);
- минимальное термическое влияние на изделие (таблица 1);
- экономия материала, т.к. отпадает необходимость изготовления изделия целиком из дорогого сплава, продление срока службы обработанных узлов и деталей.

Табл. 1. Сравнение коэффициента сосредоточенности и эффективного радиуса источника энергии

Вид источника энергии	Коэффициент сосредоточенности источника энергии, см ⁻²	Эффективный радиус источника энергии, мм
Сварочная дуга	1,5...6,0	4...8
Плазменная струя	6,0...25	2...4
Электронный луч	(0,16...2,5)·10 ³	0,2...0,8
Лазерный луч	(0,16...10)·10 ³	0,1...0,8

Роботизированный комплекс предназначен для изготовления и ремонта изделий судового машиностроения и реализует технологию газопорошковой лазерной наплавки. Комплекс построен на модульном принципе, что позволяет интегрировать его в различные производства и адаптировать под изготовление (ремонт) широкой номенклатуры и типоразмерного ряда изделий.

Области применения: судостроение и судоремонт, общее машиностроение, авиационная промышленность, химическая промышленность и др.

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ – ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИМЕНИ М.В. КЕЛДЫША» (УЧРЕЖДЕНИЕ ГК «РОСКОСМОС»)**

1. Создание бортового фурье-спектрометра ИКФС-2 для температурно-влажностного зондирования атмосферы Земли в составе космического комплекса «Метеор-3М».

Создан и запущен в штатном режиме в составе космического комплекса «Метеор-3М» бортовой инфракрасный фурье-спектрометр ИКФС-2, предназначенный для измерения спектров излучения поверхности и атмосферы Земли и восстановления метеопараметров атмосферы – высотных профилей температуры, влажности, концентрации озона, малых газовых составляющих.

2. Разработка ионных двигателей большой мощности

Разработаны универсальные программные комплексы, позволяющие осуществлять моделирование основных физических процессов, проходящих в ионных двигателях.

Разработаны, изготовлены и проходят наземную экспериментальную отработку опытные образцы ионных двигателей мощностью до 35 кВт, обладающие удельным импульсом тяги до 70000 м/с, которые не имеют аналогов в мировой практике.

3. Комплекс работ по созданию физико-математических моделей, методов расчета и программных комплексов для численного моделирования процессов в соплах ракетных двигателей

Выполнен комплекс работ по созданию физико-математических моделей, методов расчета и программных комплексов для численного моделирования процессов в соплах ракетных двигателей. Проведена верификация и валидация программных комплексов на основе экспериментальных исследований, выполненных в Центре Келдыша.

Созданное отечественное программно-методическое обеспечение (ПМО) применяется для моделирования газодинамических и теплофизических процессов в двигателях боевых ракетных комплексов и ракет-носителей, что позволяет проводить многопараметрический анализ и оптимизацию вариантов конструкции, не прибегая к дорогостоящим мероприятиям по изготовлению и испытаниям макетов и опытных образцов РДТТ и ЖРД.

Созданы и верифицированы более 35 программ и программных комплексов, основные из которых предназначены для расчета:

- энергетических характеристик и профилирования сопел РДТТ;
- двухфазных течений и тепломассообмена в РДТТ;
- течения и тепломассообмена в поворотном управляющем сопле;
- нестационарного теплового и напряженно-деформированного состояния многослойных конструкций;
- профилирования сопел ЖРД методом прямой оптимизации.

Разработанное ПМО внедрено и используется применительно к боевым ракетным комплексам в АО «Корпорация МИТ», АО «ВПК «НПОмаш»», ГРЦ им. Макеева, КБМ г. Коломна, МКБ «Факел» (выбор эффективных теплозащитных и эрозионно-стойких материалов и снижение потерь удельного импульса тяги двигателей изделий «Булава», «ЯРС», «Искандер», «Оникс» и др.) и к ракетам-носителям в ФГУП ГКНПЦ имени М.В. Хруничева (РД0124А – «Ангара»), РКК «Энергия», ЦСКБ «Прогресс» (14Д23 – «Союз2.1б») и др.

Проведенные исследования явились основой разработанных руководств для конструкторов:

- по профилированию сопел РД;
- по расчету энергетических характеристик РД различных типов;
- по процессам теплообмена, тепловой защиты и охлаждения РД различных типов;
- по проектированию газодинамических труб для наземных испытаний и методике отработки высотных сопел РД.

Реализация данной работы позволила сократить объемы испытаний с подтверждением работоспособности, энергетики и надежности в 2–4 раза, снизить стоимость и сроки разработки перспективных ДУ в 1,3–1,7 раза, оптимизировать параметры сопловых блоков ракетных двигателей и повысить эффективность образцов военной техники.

Авторы: Губерт А.М., Миронов В.В., Борисов Д.М., Волковой Л.И., Пономарева Н.Б., Руденко А.М.

ВЕДУЩИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ (УЧРЕЖДЕНИЕ ГК «РОСАТОМ»)

Разработаны методы изготовления интерсетчатых сорбентов нового поколения для глубокого извлечения радиоактивных, благородных и редких металлов

Цель работы: создание технологической базы для организации импортозамещающего производства ионообменных смол для водоочистки и гидрометаллургии радиоактивных, редких и благородных металлов.

Результаты:

– разработана технология синтеза сильноосновных анионитов повышенной емкости, селективности и кинетики обменных процессов на основе интерсетчатых матриц для сорбционного извлечения урана, рения, ванадия;

– разработана технология синтеза эффективных комплексообразующих сорбентов на основе акрилонитрила для извлечения урана и золота;

– проведено стократное масштабирование технологий синтеза, адаптация их к производственным условиям и разработано ТЗ на строительство опытно-промышленного производства сорбентов с максимально возможной регенерацией реагентов;

– создана база технологической информации для разработки исходных данных для проектирования и эксплуатации промышленного производства эффективных стирольных и акрилатных сорбентов для извлечения урана, рения, ванадия и золота.

Научная новизна заключается в создании оптимальной интерсетчатой структуры из взаимопроникающих полимерных матриц. Впервые разработана методика повышения селективности акрилатных сорбентов к урану и золоту путем введения в матрицу балластного компонента для дистанционирования функциональных групп на величину, равную размеру сорбируемого металлокомплекса. Технологические характеристики разработанных ионообменных смол значительно превосходят уровень зарубежных аналогов.

Прогноз применения: организация в 2018 году опытно-промышленного производства сорбентов с общим выпуском до 2,5 тонн продукции.

Авторы: Зорина А.И., Балановский Н.В., Ободовский А.С., Шурмель Л.Б.

СИБИРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИИ ИМЕНИ С. А. ЧАПЛЫГИНА

1. Идентификация диссипативных свойств конструкции ЛА

Разработана новая методика идентификации диссипативных свойств конструкций по результатам модальных испытаний методом фазового резонанса. Методика предназначена для коррекции расчетных динамических моделей ЛА. Одним из этапов создания летательных аппаратов является разработка их расчетных динамических моделей, используемых для обеспечения эффективности функциониро-

вания и заданного срока эксплуатации изделий. Первоначально такие модели строятся на основе технической документации, а затем корректируются по результатам экспериментального модального анализа конструкций. Натурная динамическая система описывается математической моделью с конечным числом степеней свободы. Для выявления свойств сил демпфирования используются соотношения между вынужденными монофазными и собственными колебаниями конструкций. Построена математическая модель динамически подобной модели самолета, описывающая ряд собственных тонов колебаний конструкции. Показано хорошее совпадение расчетных и экспериментальных амплитудно-частотных характеристик объекта. Проведены тестовые испытания натурального самолета, позволяющие идентифицировать его диссипативные свойства.

2. Исследование колебаний крыла

Проведено расчетное и экспериментальное определение собственных частот крыла и хвостовой части фюзеляжа легкого многоцелевого самолета (ЛМС). Получено совпадение основных значений частот колебаний. Уточнен расчет аэроупругости по новым данным. Получено, что текущий вариант конструкции планера ЛМС с новым бипланым крылом и хвостовой частью фюзеляжа не подвержен флаттеру и дивергенции до скорости полета 584 км/ч у земли и до высот 4500 м.

Результаты расчетных, наземных и летных исследований с замерами вибрационных характеристик двигателя TRE331-12 фирмы «Honeywell» (на двигателе и мотораме установлены акселерометры PCB Piezotronics) в составе самолета ТВС-2МС (РА-2099С) следующие:

Показано соответствие пункту 23.901 (d) (1) АП-23 по программе «Flight vibration survey test procedure for aircraft installed alliedsignal engines TRE331 turboprop engines» (21-6478А. June 30, 1994), заключающееся в том, что по значениям виброскоростей для датчиков, установленных на двигателе, получены приемлемые величины виброскоростей во всем исследуемом диапазоне частот, т.е. конструкция крепления двигателя удовлетворяет нормам.

На низких частотах (~5–50 Гц) получено превышение предельных амплитуд колебаний моторамы по показаниям виброперегрузок. Предложено для уменьшения амплитуд виброускорений колебаний моторамы на низких частотах рассмотреть вопрос о закреплении столика задней части двигателя 4-мя раскосами, работающими на растяжение-сжатие, закрепив их на заднем и переднем кольцах попарно, что позволит нагружаться раскосам с закрепленным на них столике только на растяжение-сжатие, но не на срез, что потребует проведения испытаний на выносливость моторамы.

3. Прочностные испытания образцов и элементов авиационных конструкций из углепластика с использованием метода акустической эмиссии и тензометрии (машиностроение)

Разработана методика прочностных испытаний элементов авиационных конструкций из углепластика (фрагмента руля высоты, лонжеронов) на основе

мониторинга состояния с использованием метода АЭ и тензометрии. Применение разработанной методики локации сигналов АЭ позволило отслеживать момент появления разрушений конструкции на ранней стадии и наблюдать за их распространением в объекте контроля.

Предложен алгоритм расчета структурного коэффициента с использованием вейвлет-преобразований, который позволил выполнять анализ изменения структуры сигналов АЭ.

Для разделения полученной АЭ-информации от источника применена двух-этапная кластеризация. На первом этапе выполнялся кластерный анализ по параметрам сигналов АЭ, что позволило отфильтровать шумы и помехи, регистрируемые при циклическом нагружении. Второй этап заключался в кластеризации по оцифрованной форме сигналов АЭ. Достоинством применения данного алгоритма является значительное сокращение времени обработки АЭ-информации по сравнению с кластерным анализом по оцифрованной форме всех сигналов АЭ.

Использование метода АЭ для контроля авиационных конструкций из углепластика особенно эффективно на ранних стадиях разрушения КМ, когда выявление дефектов другими методами НК практически невозможно выполнять.

4. Экспериментальные исследования характеристик собственных тонов колебаний конструкций

Разработана новая методика коррекции расчетной динамической модели летательного аппарата (ЛА) с учетом системы упругого вывешивания. Экспериментальные исследования характеристик собственных тонов колебаний конструкций – модальные испытания – являются эффективным инструментом проверки и уточнения расчетных динамических моделей летательных аппаратов. Такие модели широко используются при решении задач прочности, устойчивости и управляемости авиационной и космической техники. В разработанной методике коррекция динамической модели ЛА основана на том, что погрешности измерения перемещений в модальных испытаниях (форм собственных колебаний) более чем на порядок превышают погрешности определения собственных частот. Исследовано влияние тонов колебаний объекта как жесткого тела на упругой подвеске на точность определения собственных частот, обобщенных масс и обобщенных коэффициентов демпфирования тонов упругих колебаний. Получено, что наименьшее влияние система вывешивания оказывает на оценки собственных частот. Определены диапазоны параметров колебаний для определения обобщенных масс в окрестности собственной частоты тона с заданной точностью. Показано, что погрешности в оценках обобщенных коэффициентов демпфирования могут быть сколь угодно малыми в широком диапазоне параметров колебаний, если эта оценка производится на частоте фазового резонанса. Установлено, что с ростом и увеличением уровня демпфирования в системе уменьшается диапазон частот вынужденных колебаний, при которых обобщенные характеристики определяются с наперед заданной точностью.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ КАЗЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КАЗЕННЫЙ НАУЧНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ
ПОЛИГОН АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ»**

Разработка методов, средств и технологий высокоскоростных наземно-полигонных испытаний перспективных конструкций и систем ЛА

Разработаны технические предложения по методам и средствам трековых и аэробаллистических испытаний, обеспечивающих оценку параметров звукового удара от моделей и макетов сверхзвуковых летательных аппаратов различной аэродинамической формы в условиях их натурального движения на скоростях до $M = 3$, с использованием современных инструментальных средств измерений и регистрации ударной волны.

Результаты работы обеспечивают научно-технический задел по развитию методов и средств проведения наземно-полигонных испытаний для параметрических исследований оценки звукового удара различных компоновок и элементов перспективных сверхзвуковых самолетов различной аэродинамической формы. Использование разработанных предложений при проведении испытаний моделей и макетов перспективных сверхзвуковых летательных аппаратов позволит уменьшить воздействие звукового удара на окружающую среду разрабатываемых сверхзвуковых ЛА.

Результаты работы будут использованы для развития методов и средств наземно-полигонных испытаний моделей и макетов, разрабатываемых СДС и СПС при оценке параметров звукового удара. Потенциальными потребителями испытаний являются фирмы-разработчики сверхзвуковых летательных аппаратов.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
“ИНСТИТУТ ИММУНОЛОГИИ”» (УЧРЕЖДЕНИЕ ФМБА РОССИИ)**

Кандидатный лекарственный препарат (ЛС) для лечения вирусного гепатита С, созданный на новой технологической платформе, основанной на принципе интерференции РНК

Лекарственные препараты на основе этого принципа позволяют регулировать синтез конкретных белков в организме человека вплоть до полной блокады.

Созданная технология позволяет создать принципиально новый класс лекарственных препаратов. Разработанные кандидатные лекарственные препараты на основе этой технологии позволят решить конкретные медицинские проблемы – лечение вирусного гепатита С и других заболеваний. Основу разработанного лекарственного препарата, составляет композиция из комплекса молекул малых интерферирующих РНК (миРНК-5'- AAAUCUCCAGGCAUUGAGCtt-3), подавляющих репликацию вирусной РНК, и носителя – липопептидов состава $OrnGlu(C_{16}H_{33})_2$,

способствующих проникновению синтетических молекул миРНК внутрь клеток-мишеней. Применение композиции на перевиваемой культуре клеток гепатомы человека Huh-7, экспрессирующей субгеномный репликон вируса гепатита С, вызывает достоверное снижение на 20% экспрессии вирусного репликона. Высокая биодоступность 70% обеспечивается при подкожном введении композиции. Размеры композиции не превышают 100 нм.

Разработана лекарственная форма ЛС «У14/siUTR»; оптимальная форма представляет собой комплект, состоящий из флакона лиофильно-высушенного порошка ФС 0,28 мг/флакон и флакона с 2 мл раствора липосомальной дисперсии ВВ с концентрацией 1,4 мг/мл. Проводятся доклинические испытания ЛС.

Подана заявка на изобретение «Композиция для терапии вирусного гепатита С» № 2016139970 от 11.10.2016 г.

Авторы: Хаитов М.Р., Андреев С.М., Шиловский И.П., Никонова А.А.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ
ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ – ИНСТИТУТ
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК**

Способ получения недифференцированных гемопоэтических предшественников (ГСПК) из пуповинной крови, ассоциированных со мезенхимальными стромальными клетками

Разработан эффективный метод получения и увеличения количества недифференцированных гемопоэтических стволовых и прогениторных клеток с фенотипом CD34+/CD133+, ассоциированных со стромальным подслоем из мультипотентных стромальных клеток (МСК) жировой ткани, при этом популяция получаемых клеток более чем на 90% представлена гемопоэтическими прогениторами (CD34+/CD133+) и клетками, имеющими фенотип примитивных предшественников.

Впервые предложен способ получения некоммитированных ранних гемопоэтических предшественников из пуповинной крови ассоциированных с МСК.

Использование полученных клеточных ассоциатов позволит улучшить приживление аллогенных гемопоэтических предшественников при трансплантации.

Авторы: Буравкова Л.Б., Андреева Е.Р., Маслова Е.В., Андрианова И.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в Докладе обзор состояния фундаментальной науки в Российской Федерации и важнейшие научные достижения российских ученых, полученные в 2016 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.

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации задала новый вектор развития отечественной науки – ключевую роль фундаментальной науки в обеспечении новых знаний. При этом «поддержка фундаментальной науки как системообразующего института долгосрочного развития нации является первоочередной задачей государства».

Очевидно, что при такой постановке задачи необходимо восстановление целостной системы организации фундаментальных научных исследований. В связи с этим дальнейшие реформы науки должны быть направлены на восстановление Российской академии наук как научной организации мирового уровня, обеспечивающей получение новых знаний в интересах развития общества и государства, прежде всего для создания качественно новых технологий и современной системы образования.

При этом фундаментальная наука рассматривается как начальная фаза инновационного цикла, включающего также прикладные исследования, организацию и реализацию выпуска конкурентоспособной продукции.

Признание фундаментальной науки системообразующим институтом государства позволит России занять свое достойное место в числе стран – мировых лидеров.

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
ОФН 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	Казанский научный центр РАН
КарНЦ РАН	Карельский научный центр РАН
КНЦ РАН	Кольский научный центр РАН
ННЦ РАН	Нижегородский научный центр РАН
НЦЧ РАН	Научный центр РАН в Черноголовке
ПНЦ РАН	Пушкинский научный центр РАН
СамНЦ РАН	Самарский научный центр РАН
СПбНЦ РАН	Санкт-Петербургский научный центр РАН
СНЦ РАН	Саратовский научный центр РАН
ТНЦ РАН	Троицкий научный центр РАН
УНЦ РАН	Уфимский научный центр РАН
ЮНЦ РАН	Южный научный центр РАН
АКЦ ФИАН	Астрокосмический центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН
АРАН	Архив РАН
БПИ ДВО РАН	Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения РАН
ВИАМ	Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, ФГУП
ВИЖ им. Л.К. Эрнста	Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста, ФГБНУ
ВНИИГРЖ	Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, ФГБНУ
ВНИИЗК им. И.Г. Калининко	Всероссийский научно-исследовательский институт зерновых культур имени И.Г. Калининко, ФГБНУ
ВНИИ кукурузы	Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы, ФГБНУ

ВНИИ риса	Всероссийский научно-исследовательский институт риса, ФГБНУ
ВНИИКХ	Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха, ФГБНУ
ВНИИМК	Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта, ФГБНУ
ВНИИМС	Всероссийский научно-исследовательский институт масла-делия и сыроделия, ФГБНУ
ВНИИОК	Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства, ФГБНУ
ВНИИСС	Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова, ФГБНУ
ВНИТИБП	Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности, ФГБНУ
ВЦ ДВО РАН	Вычислительный центр Дальневосточного отделения РАН
ГЕОХИ РАН	Ордена Ленина и Ордена Октябрьской революции институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН
ГИ КНЦ РАН	Геологический институт Кольского научного центра РАН
ГИ УрО РАН	Горный институт Уральского отделения РАН, ФБГУН
ГИМ	Государственный исторический музей
ГИН РАН	ФБГУН Геологический институт РАН
ГНЦ РФ ИМБП РАН	Государственный научный центр Российской Федерации «Институт медико-биологических проблем РАН»
ГНЦ РФ – ФЭИ	Государственный научный центр Российской Федерации «Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», АО
ГоИ КНЦ РАН	Горный институт Кольского научного центра РАН, ФБГУН
ГЦ РАН	Геофизический центр РАН, ФБГУН
ДВГИ ДВО РАН	Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения РАН
Донской ЗНИИСХ	Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ГНУ
ЗИН РАН	Зоологический институт РАН
ИА РАН	Институт археологии РАН
ИАГП РАН	Институт аграрных проблем РАН
ИАП РАН	Институт автоматизации проектирования РАН
ИАПУ ДВО РАН	Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения РАН
ИАфр РАН	Институт Африки РАН
ИАЭТ СО РАН	Институт археологии и этнографии Сибирского отделения РАН

ИБМХ	Научно-исследовательский институт биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича, ФГБНУ
ИБПС ДВО РАН	Институт биологических проблем Севера Дальневосточного отделения РАН
ИБРАЭ РАН	Институт проблем безопасного развития атомной энергии РАН
ИБФМ РАН	Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина
ИБФРМ РАН	Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН
ИБХ РАН	Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН
ИБХФ РАН	Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН
ИВ РАН	Институт востоковедения РАН
ИВИ РАН	Институт всеобщей истории РАН
ИВиС ДВО РАН	Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН, ФБГУН
ИВМиМГ СО РАН	Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН
ИВНД и НФ РАН	Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, ФБГУН
ИВП РАН	Институт водных проблем РАН, ФБГУН
ИВТ СО РАН	Институт вычислительных технологий СО РАН, ФБГУН
ИВФ РАО	Институт возрастной физиологии Российской академии образования, ФГБНУ
ИГ ДНЦ РАН	Институт геологии Дагестанского научного центра РАН, ФБГУН
ИГ Коми НЦ УрО РАН	Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, ФБГУН
ИГ РАН	Институт географии РАН
ИГ СО РАН	Институт географии имени В.Б. Сочавы Сибирского отделения РАН, ФБГУН
ИГАБМ СО РАН	Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения РАН, ФБГУН
ИГГД РАН	Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, ФБГУН
ИГГ УрО РАН	Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН
ИГД СО РАН	Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения РАН, ФБГУН
ИГЕМ РАН	Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН

ИГиЛ СО РАН	Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН
ИГМ СО РАН	Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения РАН, ФБГУН
ИГП РАН	Институт государства и права РАН
ИГХ СО РАН	Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения РАН
ИГЭ РАН	Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, ФБГУН
ИДВ РАН	Институт Дальнего Востока РАН
ИДГ РАН	Институт динамики геосфер РАН, ФБГУН
ИДСТУ СО РАН	Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения РАН
ИЕ РАН	Институт Европы РАН
ИЗК СО РАН	Институт земной коры Сибирского отделения РАН, ФБГУН
ИИ СО РАН	Институт истории Сибирского отделения РАН
ИИДСВ РАО	Институт изучения детства, семьи и воспитания РАО
ИИМК РАН	Институт истории материальной культуры РАН
ИИЭАЭ ДВО РАН	Институт истории, археологии, этнографии народов Дальнего Востока Дальневосточного отделения РАН
ИИЯЛ УНЦ РАН	Институт истории, языка и литературы Уфимского научного центра РАН
ИК СО РАН	Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН
ИКЗ СО РАН	Институт криосферы Земли Сибирского отделения РАН, ФБГУН
ИЛА РАН	Институт Латинской Америки РАН
ИЛАН РАН	Институт лесоведения РАН
ИЛИ РАН	Институт лингвистических исследований РАН
ИЛФ СО РАН	Институт лазерной физики Сибирского отделения РАН
ИМ СО РАН	Институт математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения РАН
ИМБ РАН	Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН
ИМБТ СО РАН	Институт монголоведения, буддологии и тибетологии Сибирского отделения РАН
ИМВЦ УНЦ РАН	Институт математики с вычислительным центром Уфимского научного центра РАН
ИМЕТ РАН	Институт металлургии и материалов им. А.А. Байкова РАН
ИМКЭС СО РАН	Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения РАН

ИМЛИ РАН	Институт мировой литературы им. А.М. Горького РАН
ИММ УрО РАН	Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения РАН
ИМПБ РАН	Институт математических проблем биологии РАН
ИМЧ РАН	Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой РАН
ИМЭМО РАН	Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений имени Е.М. Примакова РАН, ФГБНУ
ИНГГ СО РАН	Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.М. Трофимука Сибирского отделения РАН, ФБГУН
ИНМЭ РАН	Институт нанотехнологий микроэлектроники РАН
ИНП РАН	Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН
ИНХС РАН	Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН
ИНЭИ РАН	Институт энергетических исследований РАН
ИНЭОС РАН	Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН
ИНЭПХФ РАН	Институт энергетических проблем химической физики РАН
ИО РАН	Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
ИОА СО РАН	Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения РАН
ИОНХ РАН	Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова
ИОС УрО РАН	Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского Уральского отделения РАН
ИОФ РАН	Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН
ИОФХ КазНЦ РАН	Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова Казанского научного центра РАН
ИОХ РАН	Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН
ИП РАН	Институт психологии РАН
ИПИ РАН	Институт проблем информатики РАН
ИПКОН РАН	Институт проблем комплексного освоения недр РАН, ФБГУН
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	Институт прикладной математики Дальневосточного отделения РАН, ФГБНУ

ИПМ РАН	Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН
ИПМех РАН	Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН
ИГИиПИМНС СО РАН	Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера Сибирского отделения РАН
ИПНГ РАН	Институт проблем нефти и газа РАН, ФБГУН
ИППИ РАН	Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН
ИППМ РАН	Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН
ИПУ РАН	Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
ИПФ РАН	Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН
ИПХВ РАН	Институт проблем химической физики РАН
ИРИ РАН	Институт российской истории РАН
ИРЛИ РАН	Институт русской литературы РАН
ИРЭ РАН	Институт радиотехники и электроники РАН им. В.А. Котельникова РАН
ИРЯ РАН	Институт русского языка им. В.В. Виноградова РАН
ИС РАН	Институт социологии РАН
ИСВЧПЭ РАН	Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники РАН
ИСК РАН	Институт Соединенных Штатов Америки и Канады РАН
ИСл РАН	Институт славяноведения РАН
ИСОИ РАН	Институт систем обработки изображений РАН – филиал Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр “Кристаллография и фотоника” РАН»
ИСП РАН	Институт системного программирования РАН
ИСПИ РАН	Институт социально-политических исследований РАН
ИСЭ СО РАН	Институт сильноточной электроники СО РАН
ИСЭМ СО РАН	Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения наук РАН
ИСЭПН РАН	Институт социально-экономических проблем народонаселения РАН
ИТПМ СО РАН	Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения РАН
ИТПЭ РАН	Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН
ИУО РАО	Институт управления образованием РАО
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН	Институт угля Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения РАН

ИФ РАН	Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН
ИФА РАН	Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт»	Институт физики высоких энергий Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
ИФЗ РАН	Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, ФБГУН
ИФЛ СО РАН	Институт филологии Сибирского отделения РАН
ИФМ РАН	Институт физики микроструктур РАН
ИФМ УрО РАН	Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН
ИФП РАН	Институт физических проблем П.Л. Капицы РАН
ИФП СО РАН	Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения РАН
ИФР РАН	Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН
ИФХЭ РАН	Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН
ИХ ДВО РАН	Институт химии Дальневосточного отделения РАН
ИХБФМ СО РАН	Институт химической биологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения РАН
ИХВВ РАН	Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых РАН
ИХС РАН	Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН
ИХТРЭМС КНЦ РАН	Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН
ИХТТМ СО РАН	Институт химии твердого тела и металлохимии Сибирского отделения РАН
ИХФ РАН	Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН
ИЦиГ СО РАН	Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН
ИЭ РАН	Институт экономики РАН
ИЭА РАН	Ордена Дружбы народов институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая РАН
ИЭИ ДВО РАН	Институт экономических исследований Дальневосточного отделения РАН
ИЭМ РАН	Институт экспериментальной минералогии РАН, ФБГУН
ИЭФ УрО РАН	Институт электрофизики Уральского отделения РАН
ИЭФБ РАН	Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН
ИЯз РАН	Институт языкознания РАН
ИЯИ РАН	Институт ядерных исследований РАН

ИЯЛИ ДНЦ РАН	Институт языка, литературы и искусства им. Г. Цадасы Дагестанского научного центра РАН
ИЯЛИ КарНЦ РАН	Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН
ИЯФ СО РАН	Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения РАН
КГМУ	Казанский государственный медицинский университет
КИББ КазНЦ РАН	Казанский институт биохимии и биофизики Казанского научного центра РАН
КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко	Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко, ФГБНУ
КФТИ КазНЦ РАН	Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского Казанского научного центра РАН
КФУ	Казанский федеральный университет
ЛИИ им. М. М. Громова	Летно-исследовательский институт имени М.М. Громова, ОАО
МГИМО(У) МИД РФ	Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации
МГУ	Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
МГХПА им. С.Г. Строганова	Московская Государственная Художественно-Промышленная Академия имени С.Г. Строганова, ФГБОУ ВО
МИАН	Математический институт им. В.А. Стеклова РАН
МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского	Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского
МСЦ РАН	Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН
НАН КР	Национальная академия наук Кыргызской Республики
НГУ	Новосибирский государственный университет
НИДОИ им. Г.И. Турнера	Научно-исследовательский детский ортопедический институт имени Г.И. Турнера Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ
НИИ «АЭРОКОС-МОС»	Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС» Министерства образования и науки Российской Федерации под научно-методическим руководством Российской академии наук, ФГБНУ
НИИ КПССЗ	Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, ФГБНУ

НИИ фармакологии им. В.В. Закусова	Научно-исследовательский институт фармакологии им. В.В. Закусова, ФГБНУ
НИИВС им. И.И. Мечникова	Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова, ФГБНУ
НИИМББ	Научно-исследовательский институт молекулярной биологии и биофизики Сибирского отделения РАН, ФГБНУ
НИИТИАГ	Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства РААСН
НИУ ВШЭ	Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики
НИУ МГСУ	Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»	Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е.Жуковского», ФГБУ
НИЦ «Курчатовский институт»	Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина	Новосибирский научно-исследовательский институт патологии кровообращения имени академика Е.Н. Мешалкина
НТЦ микроэлектроники РАН	Научно-технологический центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН
НЦН	Научный центр неврологии, ФГБНУ
ОИВТ РАН	Объединенный институт высоких температур РАН
ОИЯИ	Объединенный институт ядерных исследований
ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина	Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина, АО
Первомайская СОССС	Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свеклы, ФГБНУ
ПИ РАО	Психологический институт Российской академии образования, ФГНУ
ПИБР ДНЦ РАН	Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН
ПИН РАН	Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН
ПОМИ РАН	Петербургское отделение Математического института РАН
Приморская ООС	Приморская овощная опытная станция Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства, ФГБНУ
РААСН	Российская академия архитектуры и строительных наук
РАХ	Российская академия художеств
РГВИА	Российский государственный военно-исторический архив, ФКУ
РГИА	Российский государственный исторический архив, ФКУ

РНИМУ им. Н.И. Пирогова	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского	Российский научный центр хирургии им. академика Б.В. Петровского, ФГБНУ
РФЯЦ-ВНИИТФ	Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики
СОИГСИ ВНЦ 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»
СПБИИ РАН	Санкт-Петербургский институт истории РАН
СПБПУ	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»
СПИИРАН	Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН
СФУ	Сибирский федеральный университет
ТАТНИИСХ	Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
ТОИ ДВО РАН	Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН, ФБГУН
ТувИКОПР СО РАН	Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения РАН
УИБ РАН	Уфимский институт биологии РАН
УГАТУ	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет»
УФИХ РАН	Уфимский Институт химии РАН
ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН	Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»
ФИАН	Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН
ФИЦ Биотехнологии РАН	Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр “Фундаментальные основы биотехнологии” Российской академии наук»

ФИЦ ЕГС РАН	Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук», ФБГУН
ФИЦ ИУ РАН	Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН
ФИЦКИА РАН	Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики Российской академии наук, ФБГУН
ФИЦ питания и биотехнологии	Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, ФГБУН
ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН	Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук, ФГУ
ФТИ РАН	Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН
ЦАГИ	Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского, ФГУП
ЦЕРН (CERN)	Европейская организация по ядерным исследованиям, крупнейшая в мире лаборатория физики высоких энергий
ЦТП ФХФ РАН	Центр теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН
ЦЭМИ РАН	Центральный экономико-математический институт РАН
ЦЭПЛ РАН	Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН
ЮМИ ВНЦ РАН	Южный математический институт Владикавказского научного центра РАН

РИСУНКИ И ИЛЛЮСТРАЦИИ

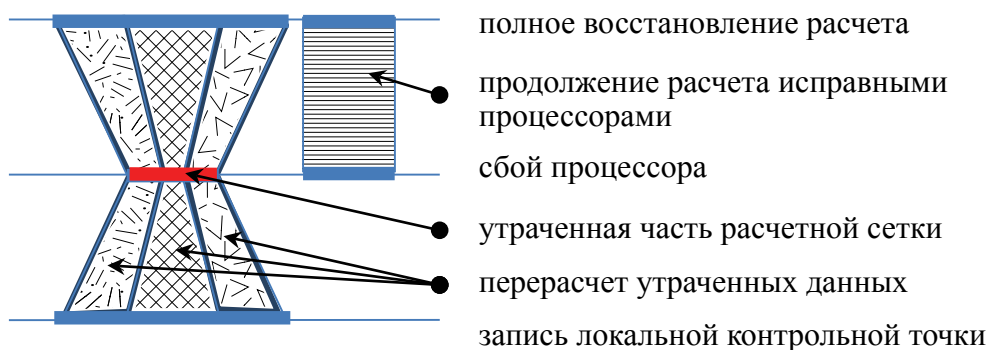
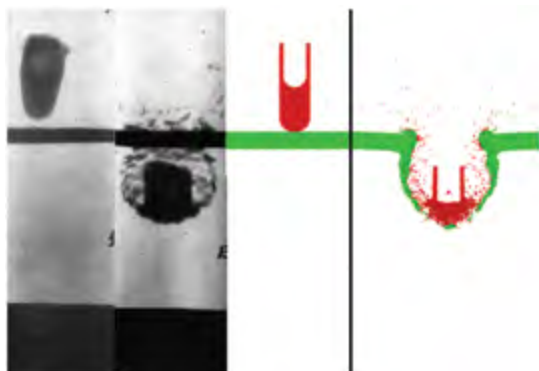


Рис. 1. Новый метод локального парирования ошибок вычислительных узлов суперкомпьютера

ДИСКРЕТНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕЛ

Толщина преграды 10 мм, скорость внедрения 2500 М/с



ВЦ ФИЦ ИУ РАН
 Авторы: к.ф.-м.н. Абгарян К.К.,
 д.ф.м.-н. Ревизников Д.Л.,
 м.н.с. Журавлев А.А.

Рис. 2. Дискретно-элементное моделирование высокоскоростного взаимодействия тел.

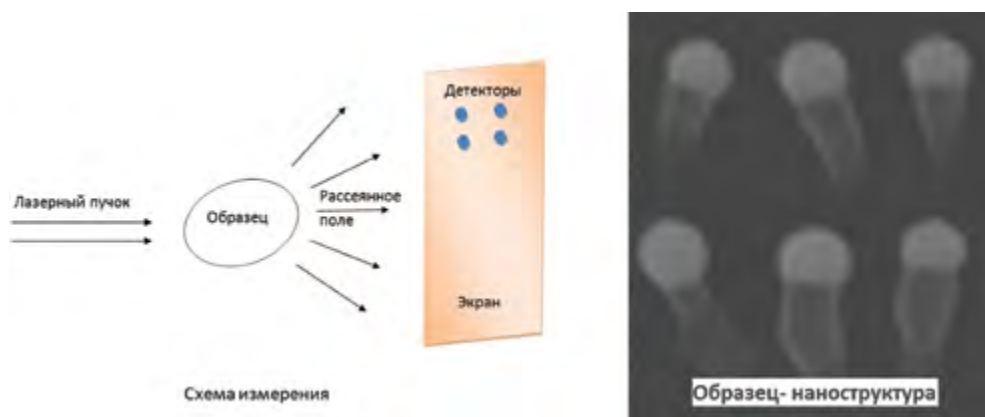


Рис. 3. Схема измерения (слева) и наноструктура (справа).

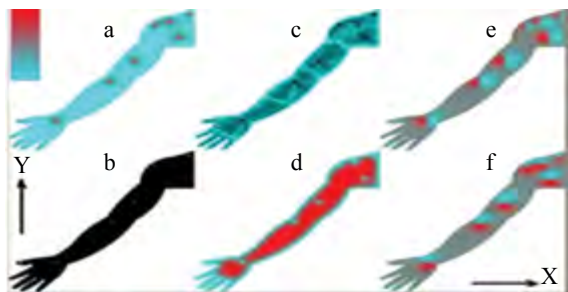


Рис. 4. Результаты вычислительных экспериментов по многоточечному тепловому воздействию на образец сложной геометрической формы.



Рис. 5. Пример взаимодействия ударной волны с системой цилиндров.

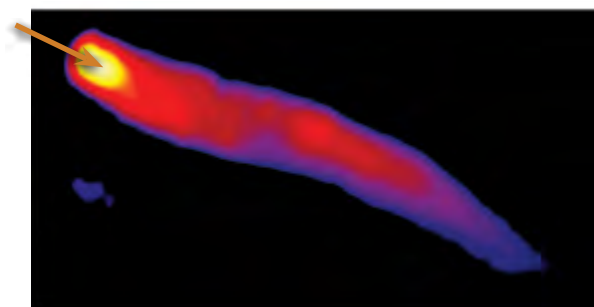


Рис. 6. Открытие экстремальной яркости ядра квазара 3C273.

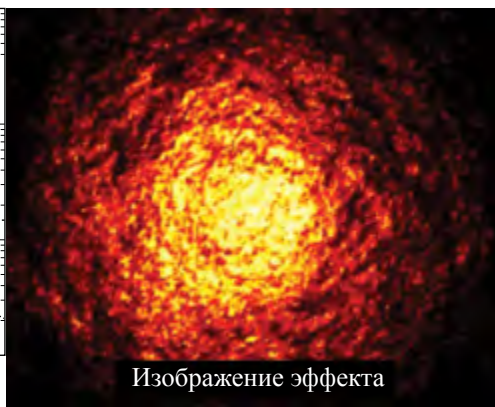
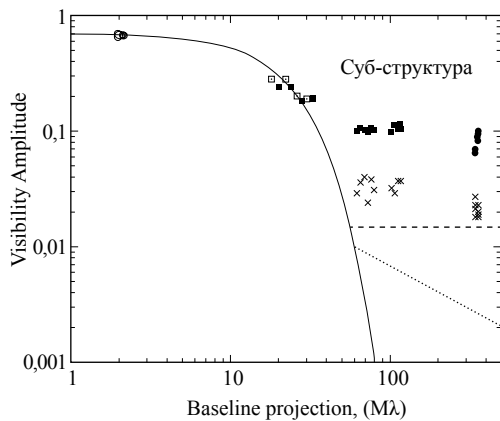


Рис. 7. Открытие нового эффекта рассеяния по наблюдениям квазаров и пульсаров.



Рис. 10. Поиск тёмной материи в эксперименте NA64 в CERN.

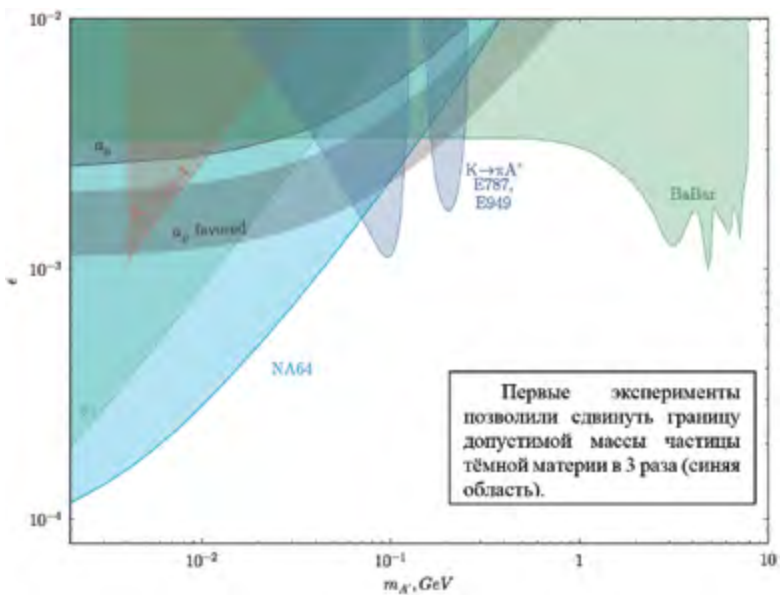


Рис. 11. Ограничения области существования тёмных фотонов в зависимости от их массы на 95% уровне достоверности, полученные в эксперименте NA64 и в других экспериментах: ВаBar и E787+E949.

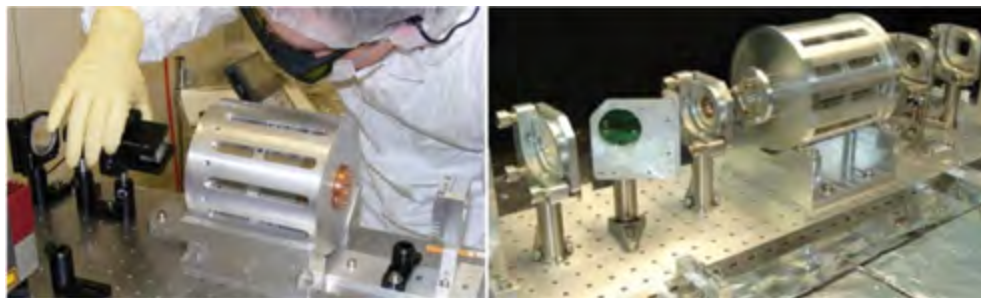


Рис. 12. Оптические изоляторы Фарадея для детектора гравитационных волн LIGO.

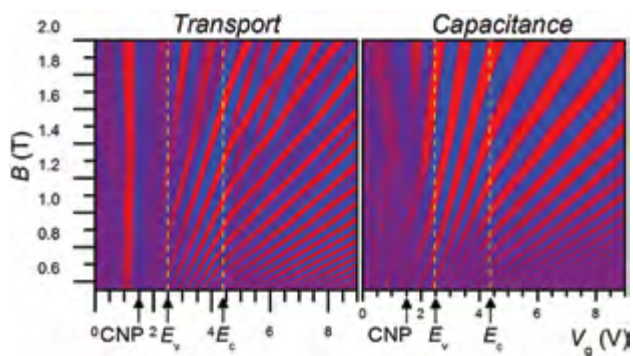


Рис. 13. Сравнение диаграмм уровней Ландау, полученных из транспортных и емкостных измерений. Идентифицированы затворные напряжения, соответствующие положению уровня Ферми вблизи точки зарядовой нейтральности (CNP), потолка валентной зоны (E_v) и дна зоны проводимости (E_c).

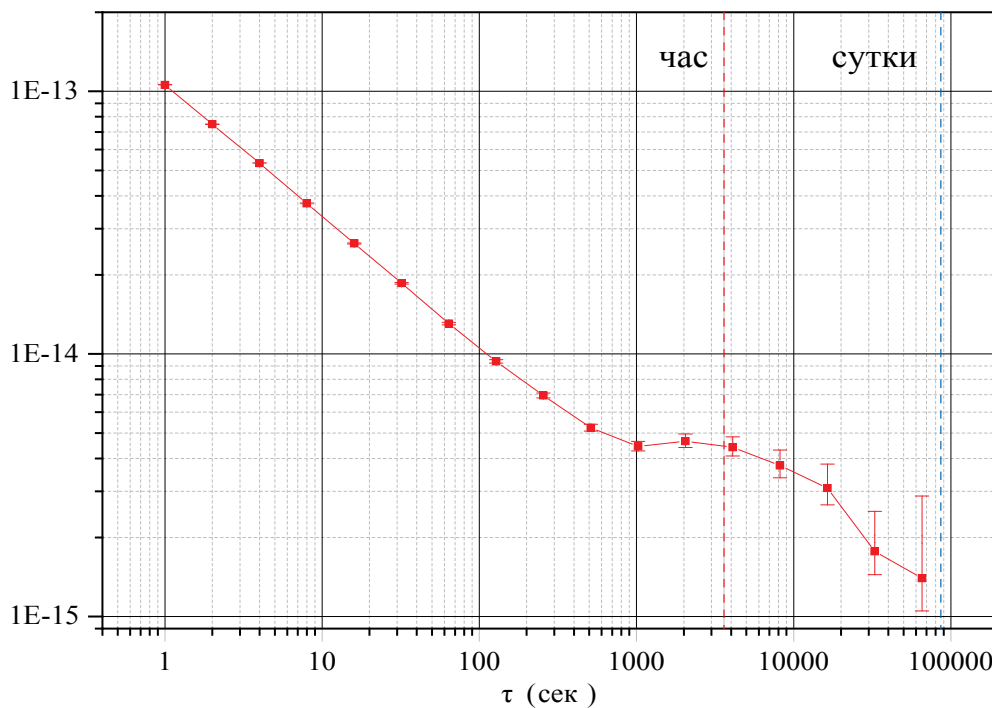


Рис. 14. Параметр Аллана для фемтосекундных оптических часов.



Рис. 15. Внешний вид Nd(Yb):YAG/12 оптического стандарта частоты (слева) и фемтосекундного волоконно-оптического синтезатора частот (справа).

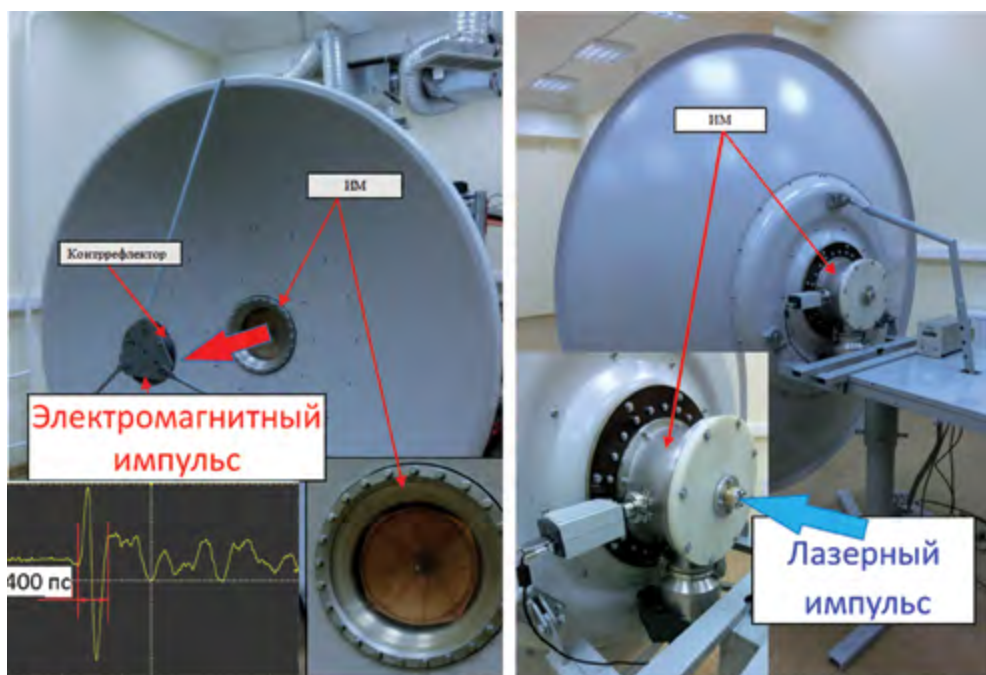


Рис. 16. Сверхсветовой генератор сверхширокополосного импульсного электромагнитного излучения субнаносекундной длительности.

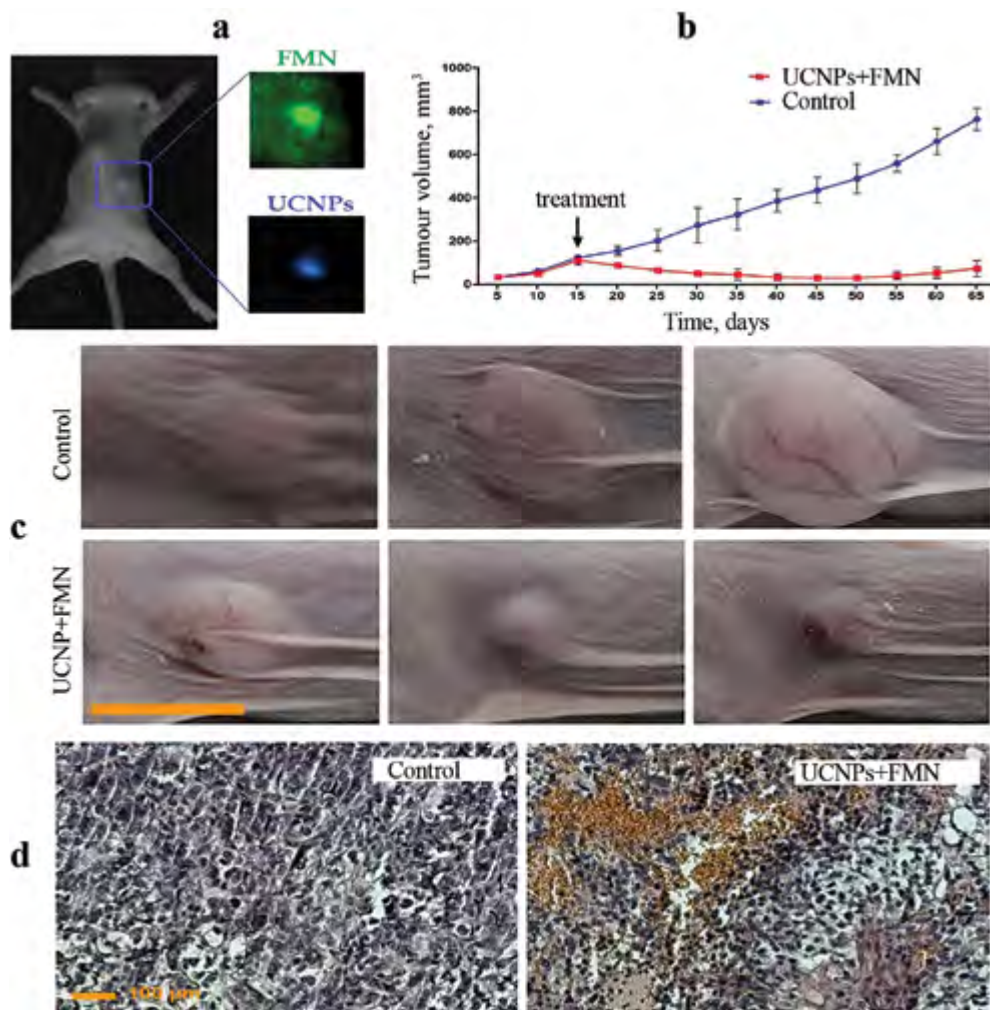


Рис. 17. (а) Фотография иммунодефицитной мыши с перевитой опухолью аденокарциномы молочной железы SK-BR-3, которой перитуморально введен препарат, содержащий наночастицы и рибофлавин. (б) График развития опухоли. (с) Серия фотографий опухоли SK-BR-3 до и после фотодинамической терапии. (д) Гистологические изображения срезов опухоли.

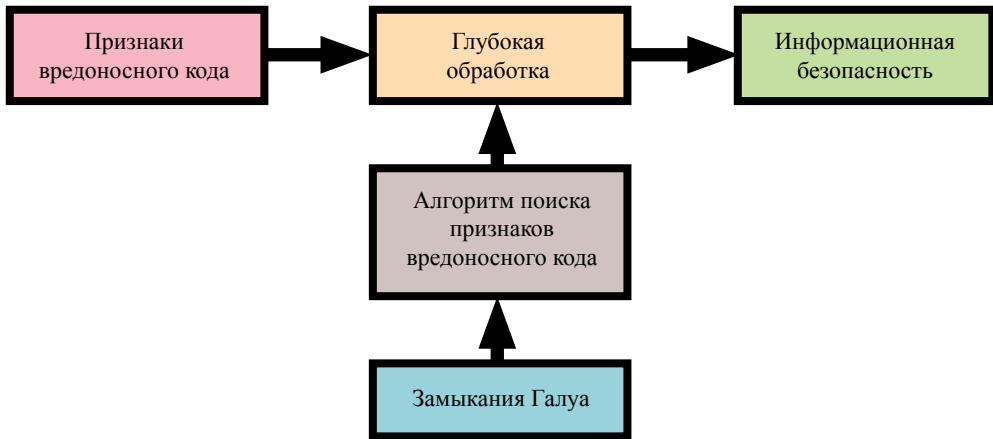


Рис. 18. Интеллектуальный анализ данных мониторинга безопасности в распределенных информационно-вычислительных системах.

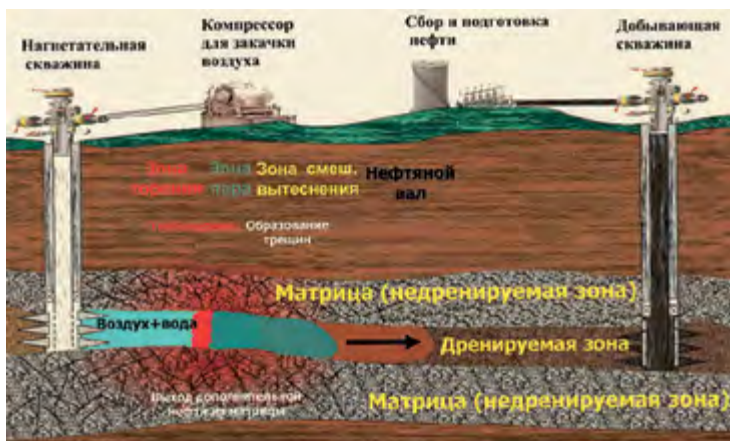
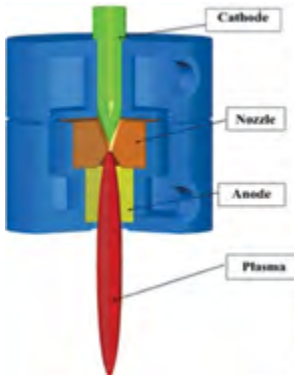


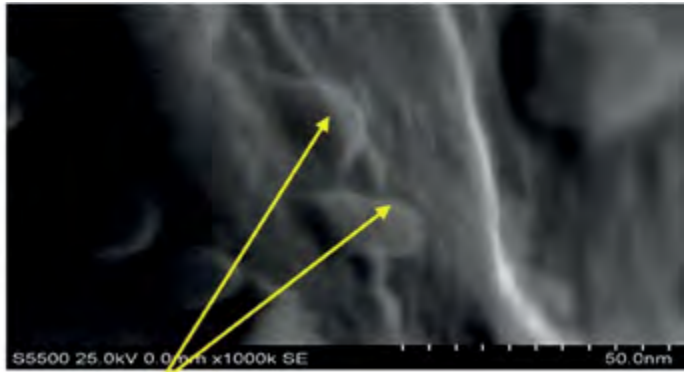
Рис. 19. Метод термогазового воздействия для повышения нефтеотдачи.



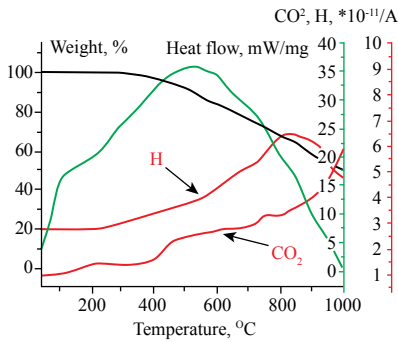
Рис. 20. Траекторное управление наблюдениями и уклонением автономного (беспилотного) подвижного объекта.



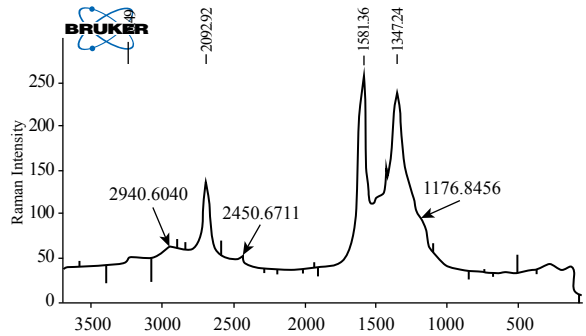
Плазматрон для синтеза графенов



Изображение областей гидрирования графена с помощью растрового электронного микроскопа



Десорбция водорода с поверхности графана при термогравиметрическом анализе



Рамановский спектр гидрированного графена

Рис. 21. Синтез гидрированных графенов (графанов) в одну стадию.

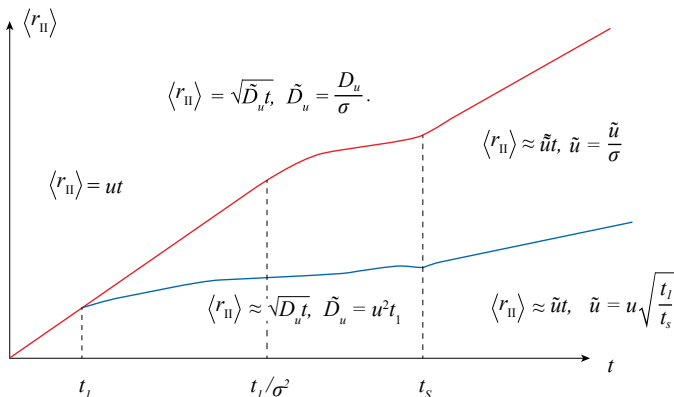
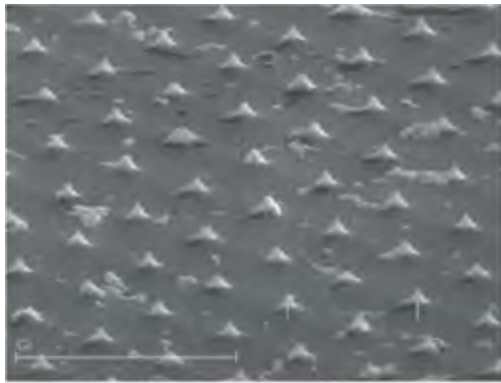
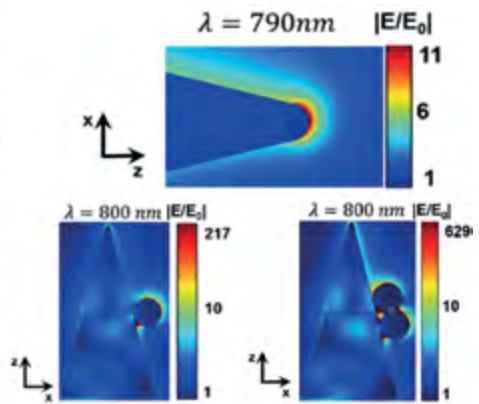


Рис. 22. Среднее смещение частиц примеси в статистически однородной резко контрастной среде при наличии (—) и в отсутствие (—) коллоидов.



ГКР-сенсор: площадь поверхности 2x2 мм, период, диагональный период 2.12 мкм, высота 0.3-0.7 мкм, угол при вершине 30°, радиус кривизны ± 10 нм. Радиус наночастиц золота (56 ± 1) нм



Распределение напряженности электрического поля в изолированной наночастице на резонансной длине волны

Рис. 23. ГКР-сенсор.

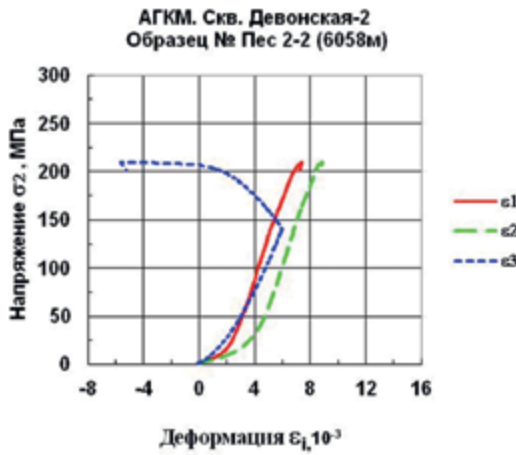


Рис. 24. Кривые деформирования песчаника при моделировании реально возникающих напряжений в окрестности перфорационного отверстия.



Рис. 25. Натурные испытания макета экзоскелета руки.

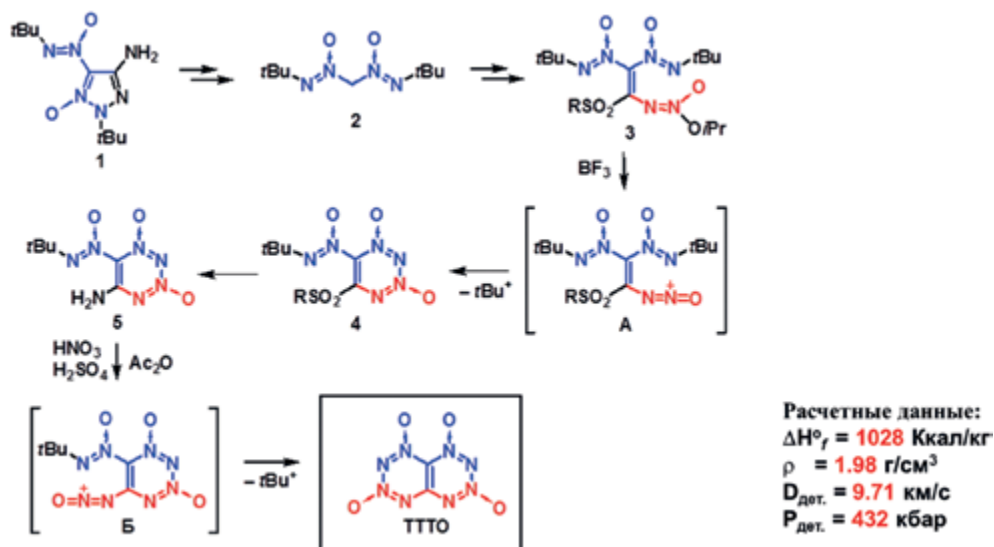


Рис. 26. Синтез [1,2,3,4]тетразино[5,6-е][1,2,3,4]тетразин-1,3,6,8-тетраоксида (ТТТО).



Рис. 27. Новый противовирусный препарат «Триазид» из класса азолазинов отмечен международной премией Prix Galien как лучшее научное исследование в области фармацевтики.



Рис. 28. Компьютерное моделирование полного каталитического цикла аспартоцилазы.



Рис. 29. Макет-демонстратор прямоточного воздушно-реактивного двигателя.



Рис. 30. Сорта-доноры и перечень диагностических ДНК-маркеров для применения методов маркер-ориентированной селекции.

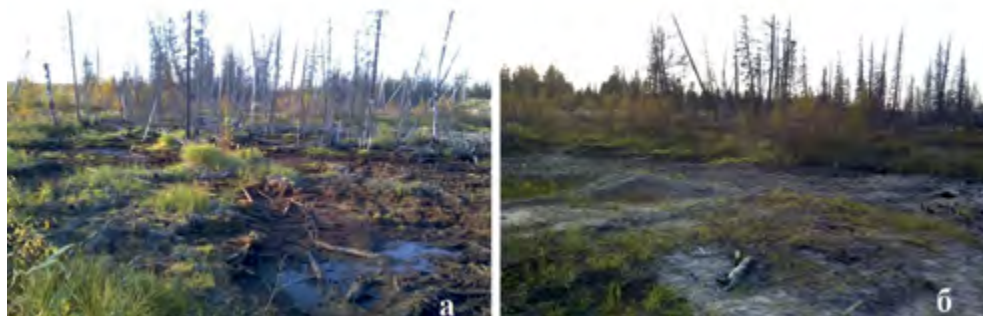


Рис. 31. Очистка нефтезагрязненных грунтов при низких положительных температурах:
 а - нефтезагрязненный участок до рекультивации (Пуровский район, Ямало-Ненецкий автономный округ, Тюменская область.);
 б - тот же участок после рекультивации с применением биопрепарата на основе штамма бактерий *Pseudomonas turukhanskensis*.

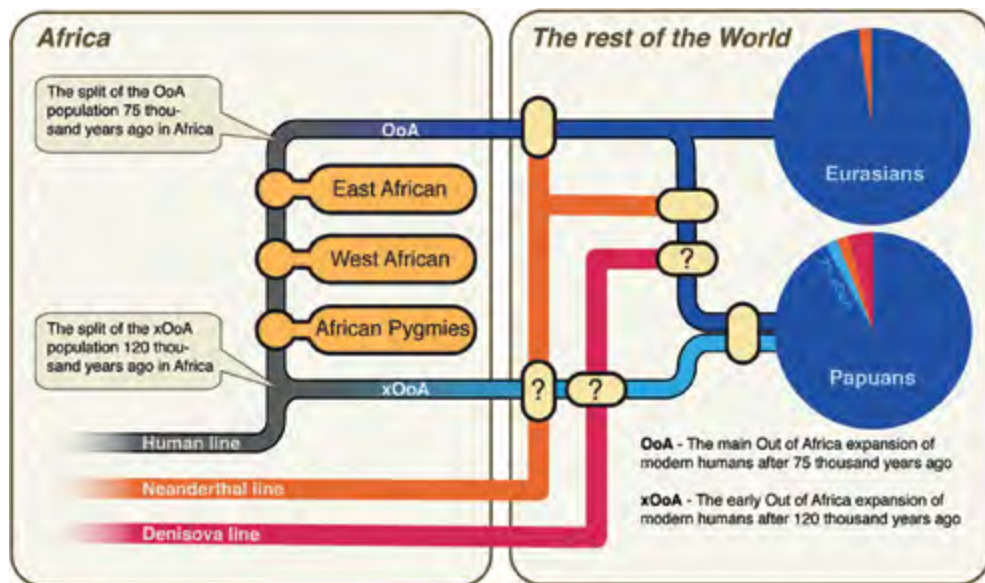


Рис. 32. Миграции и смешение людей современного анатомического типа (сапиенсов) и других представителей рода *Homo* (неандертальцев и денисовцев) в Евразии на протяжении последних 120 тысяч лет. Знаком «?» отмечены возможные эпизоды смешения. OoA – миграция сапиенсов из Африки в Евразию (примерно 75 тыс. лет назад). xOoA – ранняя (примерно 120 тыс. лет назад) миграция сапиенсов из Африки в Евразию.

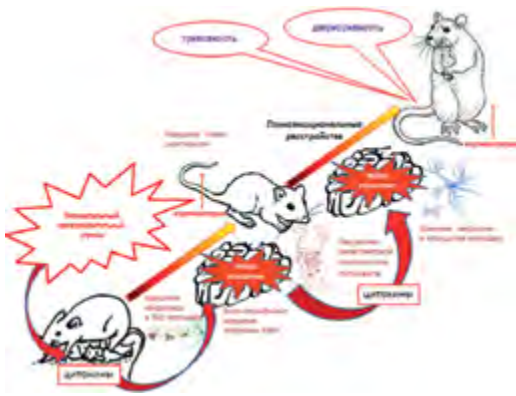


Рис. 33. Развитие депрессивноподобного поведения у животных, вызванное неонатальным провоспалительным стрессом.

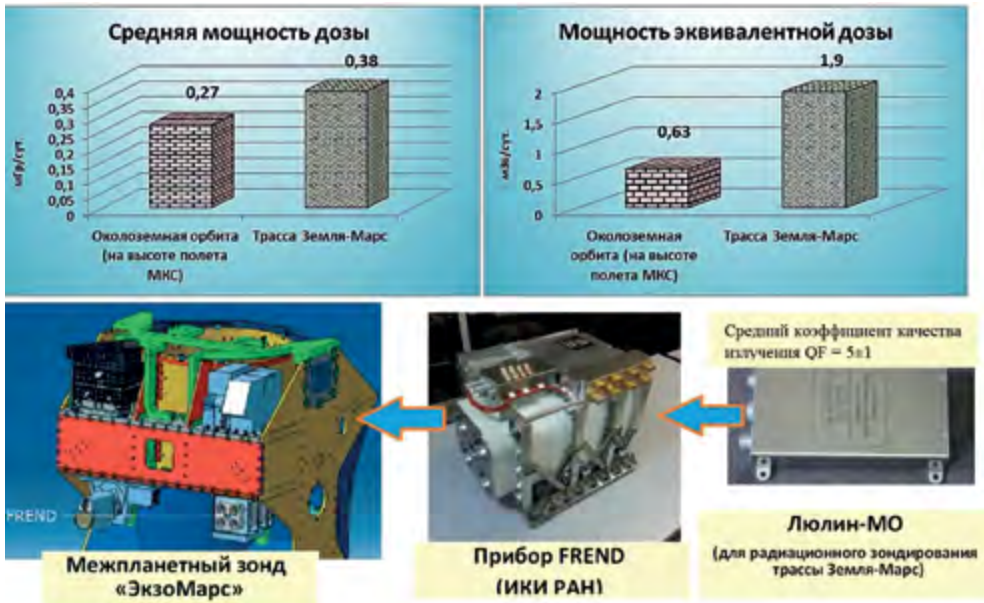


Рис. 34. Изучение медико-биологических условий радиационной обстановки космической трассы Земля – Марс.



Рис. 35. Гибридная хирургия: замена хирургом части аорты и сосудов мозга синтетическим протезом (А), рентгенохирургом – эндопротезирование аорты металлопротезом (Б).

Молекулярно Импринтированные Полимеры (МИП) - «ИСКУССТВЕННЫЕ АНТИТЕЛА», plastic antibodies

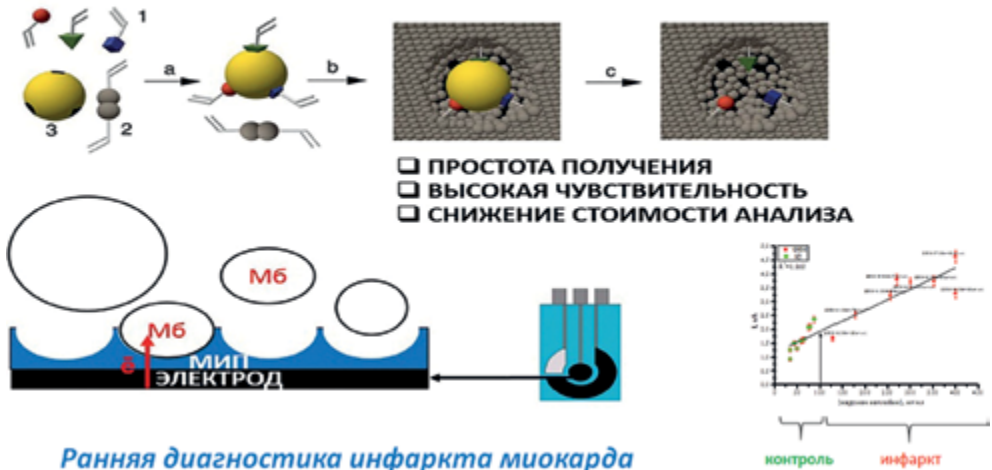


Рис. 36. «Молекулярные отпечатки» для анализа белков-кардиомаркеров.

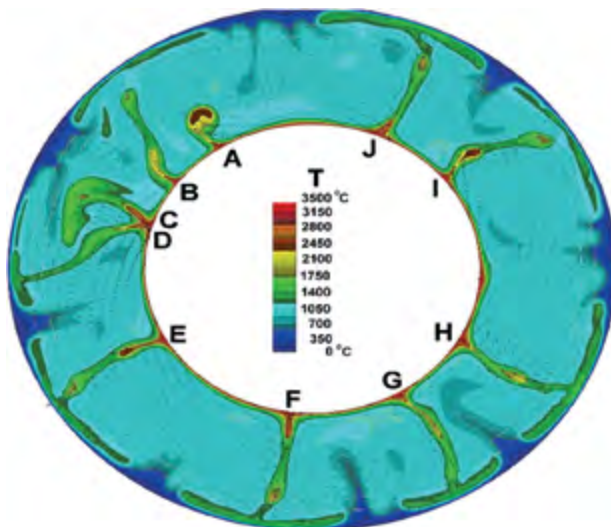


Рис. 37. Рассчитанное поле температуры и скорости течений в экваториальном сечении мантии Земли.

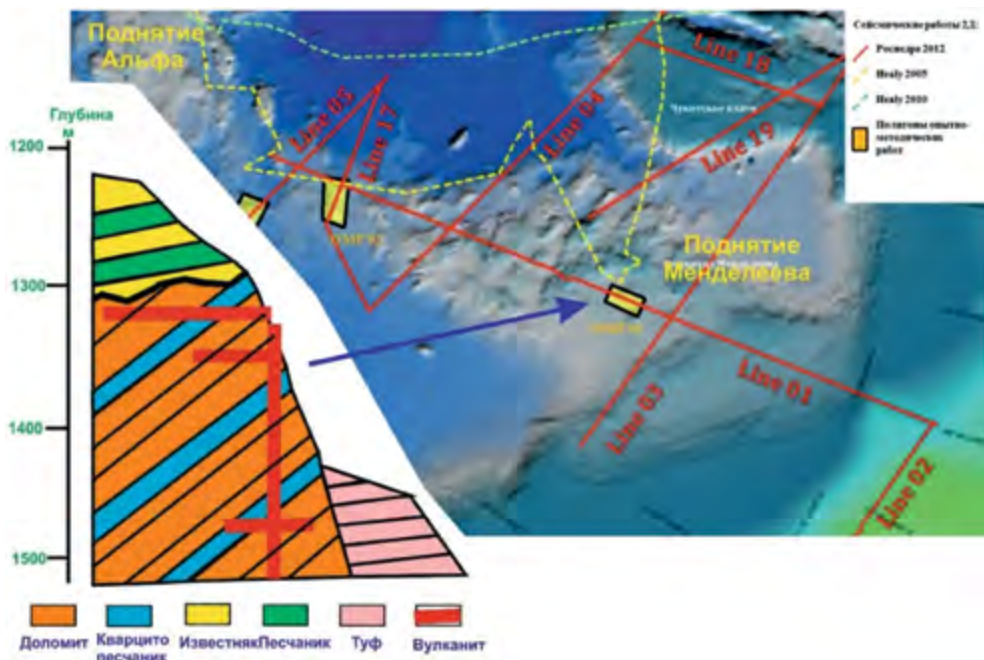


Рис. 38. Разрез акустического фундамента юго-западной части поднятия Менделеева

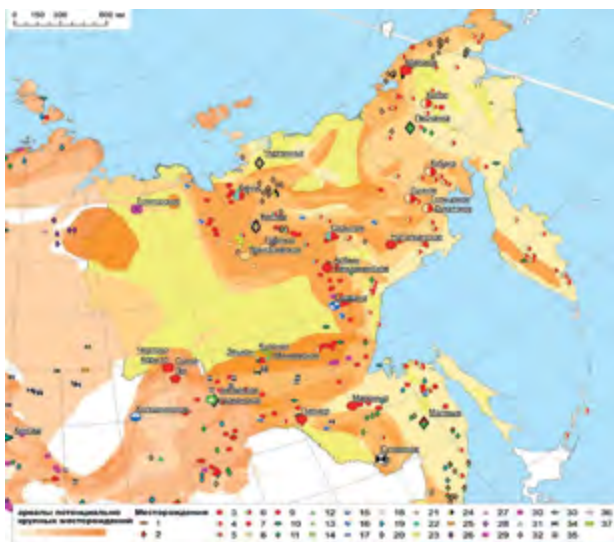


Рис. 39. Схематическая карта потенциальной перспективности на выявление крупных месторождений Северо-Востока России.

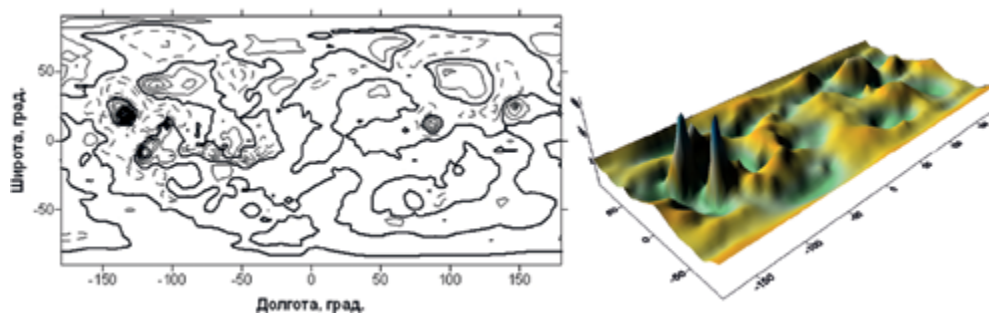
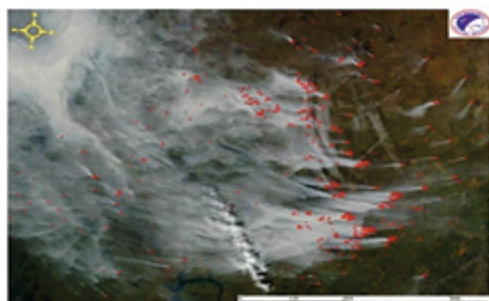


Рис. 40. Высоты ареоида, характеризующие отклонение гравитационного поля Марса от нормального поля.



Рис. 41. Результаты космического мониторинга природных пожаров для территорий различных стран Европы.



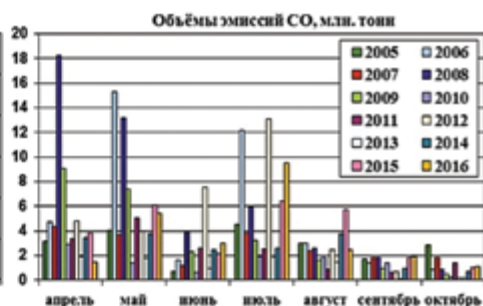
а



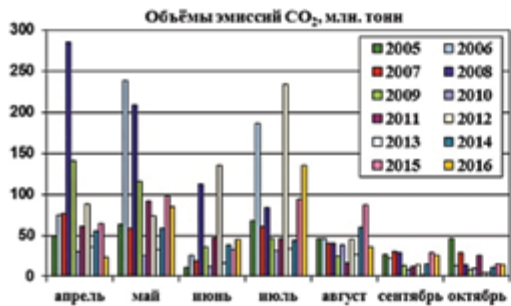
б



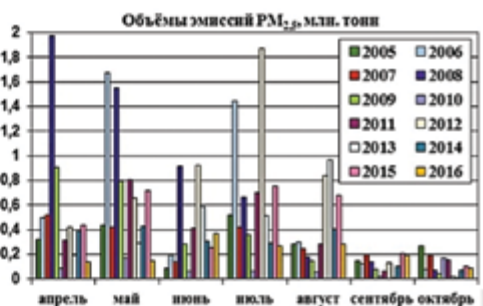
в



г



д



е

Рис. 42. Общие площади пожаров и объёмы эмиссий CO, CO₂, PM_{2,5} в России за 200–2016 гг., тыс. км².



Рис. 43. Основные монографии институтов Отделения общественных наук РАН



Рис. 44. Основные публикации институтов Отделения глобальных проблем и международных отношений РАН.

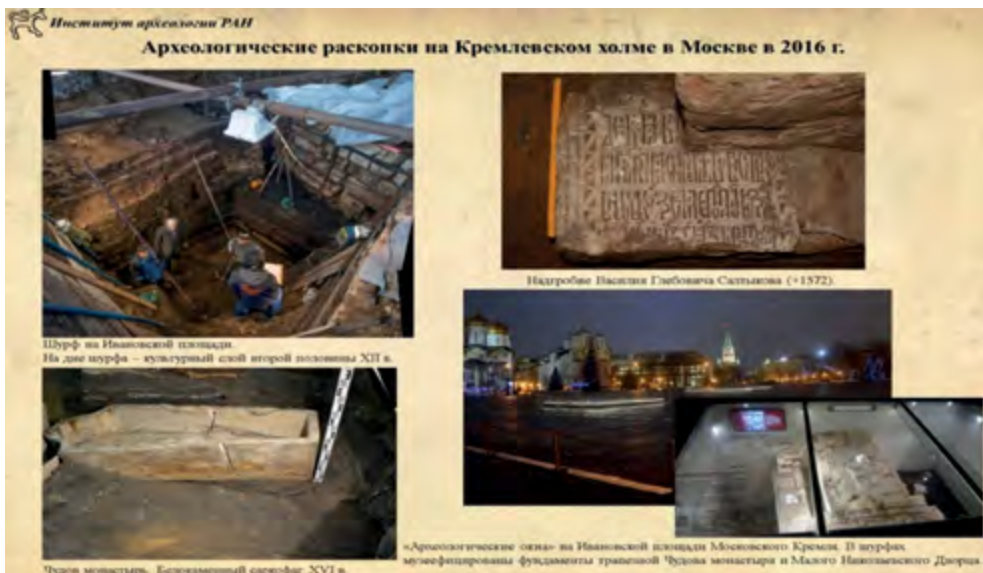


Рис 45. Археологические раскопки на Кремлевском холме в Москве.



Рис. 46. Создание «Трёхмерной ландшафтно-архитектурной модели современного состояния Пальмиры»: а-погребальные башни (стоп-кадр 3D-модели); б- колонна Зенобии (стоп-кадр 3D-модели)



Рис. 47. Основные монографии институтов Отделения историко-филологических наук РАН



Рис. 48. Молодой очаг дефляции (слева) и восстановленные пастбища в крупном очаге опустынивания на Черных землях Калмыкии (справа).



Рис. 49. Новые сорта озимой пшеницы.



Рис. 50. Новые сорта риса *Исток* и *Партнёр*.



Рис. 51. Тип крупного рогатого скота айрширской породы «Карельский».



Рис. 52. Алтайская мясная порода свиней.



Рис. 53. Алтайская белая пуховая порода коз.



Рис. 54. Тест-система для выявления антигена вируса бешенства методом иммунохроматографического анализа.



Рис. 55 «Лакhta центр». Ход строительства.

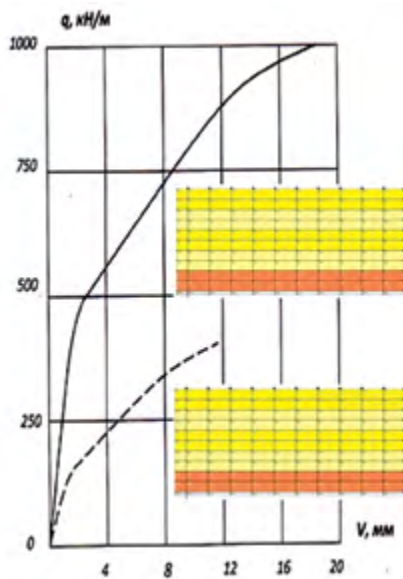


Рис. 56. Верхний график прогибов и трещинообразования – из ВБ, нижний – из обычного бетона.



Рис. 57. Основные публикации институтов Российской академии образования.



Рис. 58. Основные публикации Российской академии художеств.

ПРИЛОЖЕНИЕ:

Сведения об итогах реализации в 2016 году Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы (1 CD)

Подписано в печать 22.05.2017. Формат 70x100¹/₁₆.
Гарнитура Таймс Нью Роман. Печ. л. 8,75
Тираж 170. Заказ №

Отпечатано в цифровой типографии ООО «Буки Веди»
119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 4, стр. 1А
Тел.: (495) 926-63-96, www.bukivedi.com, info@bukivedi.com