



**ДОКЛАД
ПРАВИТЕЛЬСТВУ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**О ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ В 2020 ГОДУ
ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫХ
АКАДЕМИЙ НАУК
НА 2013-2020 ГОДЫ**

Утвержден Координационным советом Программы
26 марта 2021 года

Президент Российской академии наук
академик РАН

А.М. Сергеев

Ответственный секретарь координационного
совета Программы
член-корреспондент РАН

В.В. Иванов

МОСКВА
2021

УДК 001
ББК 73
Д63

ТОМ I

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

(Часть I)

**Сведения
о ходе реализации в 2020 году планов фундаментальных
научных исследований Российской академий наук
и планов проведения фундаментальных научных
исследований и поисковых научных исследований
в научных организациях, подведомственных
Министерству науки и высшего образования,
в рамках Программы фундаментальных научных
исследований государственных академий наук
на 2013–2020 годы**

Настоящий доклад о ходе реализации в 2020 году планов фундаментальных научных исследований Российской академий наук и планов проведения фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований в научных организациях, подведомственных Министерству науки и высшего образования Российской Федерации, в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы подготовлен в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2012 г. № 2237-р на основе отчетных материалов научных организаций, подведомственных Минобрнауки России.

В подготовке Доклада принимали участие:

от РАН:

Заместитель президента РАН чл.-к. РАН Иванов В.В.,

Заместитель президента РАН по финансово-экономической работе Угловская И.Н.

Отделения РАН:

ак. РАН Козлов В.В., д.ф.-м.н. Безродных С.И. (Отделение математических наук),

ак. РАН Щербаков И.А., д.ф.-м.н. Истомина Н.Л. (Отделение физических наук),

ак. РАН Красников Г.Я. к.т.н. Попенко Н.В. (Отделение нанотехнологий и информационных технологий),

ак. РАН Фортов В.Е., ак.РАН Лагарьков А.Н., к.т.н. Поляков М.А. (Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления),

ак. РАН Егоров М.П., д.х.н. Малеев В.И. (Отделение химии и наук о материалах),

ак. РАН Ткачук В.А., к.б.н. Шеремета Н.Г. (Отделение физиологических наук),

ак. РАН Кирпичников М.П., чл.-к. РАН Кочетков С.Н. (Отделение биологических наук),

ак. РАН Глико А.О., д.ф.-м.н. Михайлов В.О. (Отделение наук о Земле),
ак. РАН Смирнов А.В., д.э.н. Аносова Л.А. (Отделение общественных наук),
ак. РАН Дынкин А.А., к.и.н. Орестова И.К. (Отделение глобальных проблем
и международных отношений);

ак. РАН Тишков В.А., к.фил.н. Черкасский В.Б. (Отделение историко-фило-
логических наук),

ак. РАН Стародубов В.И., ак. РАН Береговых В.В. (Отделение медицинских
наук),

ак. РАН Лачуга Ю.Ф., к.сх.н. Гарист А.В. (Отделение сельскохозяйственных
наук).

Региональные отделения РАН:

ак. РАН Сергиенко В.И. (Дальневосточное отделение РАН),

ак. РАН Пармон В.Н. (Сибирское отделение РАН),

ак. РАН Чарушин В.Н. (Уральское отделение РАН).

Информационно-аналитический центр «Наука» РАН:

д.т.н. Кузнецов В.В.

к.т.н. Арменский А.Е.

Данилевич А.Г.

к.т.н. Захаров В.Г.

Тереников С.В.

Сентищев И.И.

Соколова М.С.

Маринина Р.А.

Черных О.И.

Ковалева А.А.

Джалюкова А.Д.

Павлова О.В.

Финансово-экономическое управление РАН:

Таран Л.А.

Институт проблем развития науки РАН:

к.э.н. Заварухин В.П.

к.э.н. Зиновьева И.В.

СОДЕРЖАНИЕ

Сведения о результатах по направлениям исследований в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы, полученных Российской академией наук и научными организациями, подведомственными Министерству науки и высшего образования Российской Федерации, в 2020 году	7
I. Математические науки	8
II. Физические науки	93
III. Технические науки	142
IV. Информатика и информационные технологии	165
V. Химические науки и науки о материалах	298
VI. Биологические науки	312
VII. Физиологические науки	333
VIII. Медицинские науки	365
IX. Науки о Земле	517

**Сведения
о результатах по направлениям
исследований в рамках
Программы фундаментальных
научных исследований
государственных академией наук
на 2013–2020 годы, полученных
Российской академией наук
и научными организациями,
подведомственными Министерству
науки и высшего образования
Российской Федерации
в 2020 году**

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
<p>1. Теоретическая математика</p>	<p>I. Математические науки</p> <p>Доказана гипотеза Концевича о гомотопической конечности производной категории когерентных пучков на отделимой схеме конечного типа над полем характеристики нуля. Опровергнуты две гипотезы Концевича, утверждающие обобщенные версии вырождения спектральной последовательности от когомологий Ходжа к когомологиям де Рама.</p> <p>Доказаны теоремы о стойкости наиболее известного и широко используемого протокола квантовой криптографии BB84 при однофотонных детекторах с несовпадающими эффективностями. При этом разработаны новые методы аналитического решения задачи минимизации выпуклого функционала и методы ограничения размерности рассматриваемого пространства.</p> <p>Исследование алгебраических многообразий над конечными полями представляет значительный интерес в алгебраической геометрии и приложениях. Важный класс алгебраических многообразий, поверхности дель Пеццо характеризуются типом. Полностью завершено описание возможных типов для поверхностей дель Пеццо степени больше 1 над конечными полями.</p> <p>Доказано, что для любой конечномерной ДГ алгебры триангулированная категория совершенных ДГ модулей эквивалентна полной подкатегории в категории совершенных комплексов на гладкой проективной схеме с полным полусклучительным набором. Показано, что это дает полную характеристику для производных некоммутативных схем, связанных с такими ДГ алгебрами при некотором дополнительном условии.</p> <p>Введено и исследовано новое фундированное отношение частичного порядка на булевой алгебре предложений в языке арифметики второго порядка, связанной с некоторыми специальными схемами рефлексии. Описана возникающая общая картина связей между рефлексией и фундированностью, ординальным рангом и теоретико-доказательными ординалами формальных теорий в языке арифметики второго порядка.</p> <p>Различные вопросы в алгебраической структуре макс-плюс полукольца (или тропической полукольца) возникают в нескольких направлениях математики, таких как алгебраическая геометрия, математическая физика, комбинаторная оптимизация. Получены ответы на ряд фундаментальных вопросов о числе и положении корней макс-плюс многочленов.</p>

Исследовано распределение квадратичных вычетов по натуральным модулям. Найдены новые нижняя и верхняя оценки на параметр стохастичности множества квадратичных вычетов по модулю стремящегося к бесконечности натурального числа.

В настоящее время активно ведется изучение аномальных волн в нелинейных средах. Впервые аналитически исследовано влияние малой диссипации на повторяемость аномальных волн в системе с одной неустойчивой модой. Получены явные приближенные формулы, описывающие эволюцию спектральной кривой за счет потери энергии. Найдено теоретическое объяснение экспериментов Чабочуба, Ахмедиева и соавторов в волновом бассейне, в которых каждая последующая волна появлялась в противофазе к предыдущей.

Установлена внутренняя характеристика пространства следов (значений) функций из пространства Соболева функций на евклидовом пространстве, имеющий обобщенную производную, на d -толстое подмножество и построен непрерывный оператор продолжения. Сама задача относится к классическому кругу проблем, возникших после работ Уитни 1934 года, решению различных вариантов которых в последующие годы посвящены работы многих математиков.

Классический результат аффинной и проективной геометрии об отображениях, переводящих прямые в прямые, обобщен на локально заданные голоморфные отображения, переводящие комплексные прямые из некоторого семейства в комплексные прямые. Это использовано для исследования CR-отображений вещественных CR-типерповерхностей с вырожденной формой Леви.

Доказана сходимость сферических средних для сохраняющих меру действий фуксовых групп из широкого класса, удовлетворяющих условию ровных углов. Основой доказательства служит построение нового симметричного марковского кодирования, построение которого основано на рассмотрении утолщенных путей.

Исследована классическая задача Ньютона о теле наименьшего сопротивления. В классе выпуклых тел с вертикальной плоскостью симметрии и разветвляющейся боковой поверхностью удалось найти локально оптимальную форму наподобие отвертки, не являющуюся телом вращения. Этот результат хорошо согласуется с проведенными ранее численными расчетами.

Решена давно стоящая проблема доказательства эквивалентности квантования в координатах Фенхеля-Нильсена, отвечающих разрезанию римановой поверхности на пары штанов, и квантования в координатах смещений Пеннера-Герстона. Для этого была впервые получена пуассонова структура Фенхеля-Нильсена из скобки Голдмана в случае поверхностей с дырками и отмеченными точками на границах дырок.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Исследованы линейные системы дифференциальных уравнений в гильбертовом пространстве, допускающие первый интеграл в виде положительно определенной квадратичной формы. Результаты общего характера применены к линейным эволюционным уравнениям математической физики: волновому уравнению, уравнению Лиувилля, уравнениям Максвелла и Шредингера.</p> <p>Для многомодовых гауссовских измерительных каналов установлено фундаментальное свойство «гауссовского максимизатора», на основе которого вычислены важнейшие информационные характеристики таких каналов. Получена достижимая информация каллибровочно-инвариантного гауссовского ансамбля состояний, что закрыло вопрос, поставленный еще в начале 1970-х гг.</p> <p>Исследован ветвящийся процесс, эволюционирующий в случайной среде, компоненты которой одинаково распределены и независимы. В случае, когда иммиграция останавливается в первый момент вырождения основного процесса, описано асимптотическое поведение хвоста распределения периода жизни докритических и критических процессов. Подробно проанализирован ветвящийся процесс, к каждому поколению которого присоединяется ровно один иммигрант.</p> <p>Разработаны новые подходы к расчету и моделированию марковских и немарковских открытых квантовых систем. Найден новый способ извлечения информации о неизвестном окружении системы по серии проективных измерений над ней. Данный подход позволяет рассчитать отклик немарковской квантовой системы на произвольное внешнее возмущение.</p> <p style="text-align: center;">МИАН им. В.А. Стеклова РАН</p> <p>Рассматривался вопрос о выполнении аналогов центральной предельной теоремы при вычислениях со случайными величинами, принимающими значения в некотором конечномерном (k-элементном) множестве, с помощью некоторого набора В операций на этом множестве (функций k-значной логики). Считается, что для набора операций В выполняются некоторые предельные вероятностные законы, если любые вычисления с растущим числом независимых в совокупности случайных величин, в которых каждая величина используется однократно, имеют распределения вероятностей значений, стремящиеся к</p>

некоторому единому предельному распределению с ростом числа используемых случайных величин. Полученные результаты позволяют выявить целый класс систем, для которых имеет место сходимость распределений результатов вычислений к единому предельному распределению. Показано, что это обеспечивается наличием у каждой операции из системы V свойств, обобщающих квазигрупповые свойства, а именно: все операции V при любом фиксировании всех переменных кроме одной должны действовать как перестановки на некотором подмножестве T области определения операций, едином для всех операций из V . Более того, можно показать, что если хотя бы одна из операций в V имеет хотя бы две существенных переменных, то предельным вероятностным законом для такой системы обязательно будет равномерное на T вероятностное распределение. Наконец, доказано, что эти свойства операций из системы V близки к критерию наличия у системы V предельного вероятностного закона: за исключением случаев геометрического вырождения в множестве распределений результатов вычислений над V со случайными величинами, любая система V с предельным вероятностным законом обязана состоять из операций с описанными выше свойствами.

Выведено уравнение эволюции функции Вигнера для произвольного линейного квантования, представляющего собой линейную суперпозицию так называемых тау-квантований. Была получена формула обращения, связывающая матрицу квантового оператора с ее классическим символом при произвольном линейном квантовании. В качестве примеров эрмитовых квантований Борна и Йордана были построены формулы обращения. Эти формулы оказались связанными с производящей функцией чисел Бернулли. Для модели гамилтоновой динамической системы в нерелятивистской механике доказано, что только для квантования Вейля в уравнении эволюции функции Вигнера отсутствует нефизический источник комплексной квазивероятности. Этот результат устанавливает принцип соответствия между классической и квантовой механикой в виде конкретного ядра квантования как определенной обобщенной функции с точечным носителем.

ФИЦ ИППМ им. М.В. Келдыша РАН

Изучена задача распределения особых точек суммы ряда экспоненциальных мономов на границе его области сходимости. Получены достаточные условия существования особой точки на заданной дуге границы. Эти условия формулируются в чисто геометрических терминах. Наличие особой точки обеспечивается при помощи простых взаимосвязей между максимальной плотностью последовательности показателей ряда в угле и длиной дуги границы области сходимости, соответствующей этому углу. Получены так-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>же необходимые условия существования особой точки на заданной дуге границы. Эти условия формулируются в терминах минимальной плотности показателей в угле и длинной дуги. На этой основе для последовательностей, имеющих плотность, установлены критерии существования особой точки на заданной дуге границы области сходимости.</p> <p>Разработан метод конструирования безусловных базисов из значений воспроизводящего ядра в радиальных гильбертовых пространствах целых функций, устойчивых относительно деления.</p> <p>Показано, что все локальные голоморфные решения всех уравнений, составляющих иерархии первого и второго уравнений Пенлеве, допускают аналитическое продолжение до функций, мероморфных на всей комплексной плоскости. Доказательство основано на результатах о мероморфной продолжимости по пространственной переменной решений иерархий солитонных уравнений типа Кортевега–де Фриза.</p> <p>Развит новый подход к классификации интегрируемых дифференциально-разностных уравнений с тремя независимыми переменными. Предложена следующая двухэтапная процедура классификации: 1) требуется, чтобы бездисперсионный предел уравнения был интегрируем, т.е. чтобы его характеристическое многообразие определяло конформную структуру Эйнштейна-Вейля на каждом решении; 2) к уравнениям-кандидатам, выбранным на предыдущем шаге, применяется тест на интегрируемость, который означает, что все редукции, получаемые путем наложения подходящих граничных условий, являются интегрируемыми в смысле Дарбу. Таким образом, комбинация геометрического и алгебраического подходов чрезвычайно эффективна и позволяет решать классификационные задачи, которые не могли быть решены ранее при помощи существующих подходов.</p> <p>Впервые обоснована, с использованием численных экспериментов, принципиальная возможность применимости качественно нового подхода, основанного на методе продолженного функционала, нахождения критических значений стабильности электроэнергетических сетей. Проведенный сравнительный анализ с широко применяемыми в настоящее время на практике методами, такими как прямой метод и метод продолжения, выявил существенные преимущества представленного нового подхода, а также большую перспективность дальнейших разработок в этом направлении.</p>

Исследована зависимость минимальных критических уровней энергетического функционала общего вида относительно возмущений области. Получена формула для второй производной минимальных критических уровней по области, вдоль траекторий многообразия Нехари. В качестве приложения, исследована зависимость первого собственного значения оператора Лапласа на прямоугольнике, относительно специальных возмущений данной области.

Исследована оптимизационная обратная спектральная задача с неполными спектральными данными. В качестве неполных спектральных данных рассматриваются частичные следы оператора Штурма–Лиувилля. Доказана теорема существования и единственности решений этой задачи, установлен новый тип связи между линейными спектральными задачами и системами нелинейных дифференциальных уравнений, позволяющий найти решение оптимизационной обратной спектральной задачи путем решения системы нелинейных дифференциальных уравнений и получить новый результат о разрешимости системы нелинейных дифференциальных уравнений. Получено новое обобщение неравенства Лидского-Виландта на произвольные самосопряженные полуограниченные операторы с дискретным спектром.

ИМВЦ УФИЦ РАН

Разработан принципиально новый метод аналитического продолжения гипергеометрических функций класса Горна, включая часто встречающиеся функции Аппеля и Пауричеллы и важный для приложений логарифмический случай. Полученные результаты о фредгольмовости системы Моисила–Теодореску и о разрешимости задачи Дирихле для кососимметрической эллиптической системы в ляпуновской области вносят весомый вклад в теорию эллиптических систем первого и второго порядка. Достигнутый прогресс в теории краевой задачи Римана–Гильберта и теории вариации конформного отображения при сингулярном деформировании области применен к сопоставлению моделей эффекта магнитного пересоединения плазмы Сомова и Сыроватского, что внесло заметный вклад в проблему Солнечных вспышек и в теорию взрывообразных явлений в плазме.

Получен новый результат в спектральной теории самосопряженных гамилтоновых систем. Для проблемы кавитационного обтекания клина в рамках классических моделей Гельмгольца–Кирхгофа, Жуковского-Рашко и Рябушинского получено явное аналитическое решение в терминах функций Гаусса и Аппеля. Найдены явные асимптотики коэффициента сопротивления клина и размеров каверны.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Проведены исследования по связи теорем об альтернативах с квадратичной и линейной оптимизацией. Предложено простейшее новое доказательство теоремы об альтернативах Фаркаша, которое основано на эквивалентной замене исходной системы линейных уравнений с неотрицательными переменными одной квадратичной задачей минимизации невязок этой системы на неотрицательном ортанте. Доказаны новые теоремы об альтернативах, когда альтернативные системы имеют различные матрицы и векторы разной размерности, что может быть полезным в численных методах.</p> <p>ФИЦ ИУ РАН</p> <p>Трудности создания трехмерных (трехмерных) аналогов конформных отображений связаны с топологическими и аналитическими особенностями трехмерного пространства. Наиболее интересные квазиконформные отображения трехмерных областей получены с помощью гидродинамической аналогии. Для стационарного безынерционного течения несжимаемой вязкой жидкости вместе с потенциалом скоростей введены две функции тока. Каждый соленоидальный вектор представляется в виде векторного произведения градиентов этих двух функций. В результате получена связь компонент скорости с функциями тока, т.е. аналог трехмерных квазиконформных отображений представлен в виде комбинации двух обычных функций плоской комплексной переменной. С помощью теории трехмерных квазиконформных отображений построены вычислительные сетки около тел сложной формы.</p> <p>Представлены идеи по формулировке обобщенного решения для гиперболической системы уравнений газовой динамики в одномерной постановке. Важным аспектом работы является исследование схемы относительно выполнения исполнения закона необывания энтропии, который должен выполняться на обобщенном решении и является обязательным с точки зрения физики. Понятие обобщенного решения формулируется в конечно-разностной постановке с помощью простейшей линеаризованной редакции классической схемы Годунова. Показано, что данный вариант схемы обладает свойством гарантированного необывания энтропии, позволяющим моделировать ее рост на ударных волнах без каких-либо поправок и дополнительных условий.</p> <p>При исследовании аэродинамических свойств решеток (системы регулярно расположенных тел) при сверхзвуковом обтекании обнаружен эффект образования в следе не-</p>

стационарного течения типа дорожки Кармана. Образование системы вихрей типа дорожки Кармана хорошо известно для дозвуковых течений, но ранее не отмечалось для сверхзвуковых течений. Образование указанного течения носит гистерезисный характер и зависит как от геометрических параметров, так и направления изменения скорости набегающего потока. Необходимым условием образования такого типа течений является наличие двух ударных волн, взаимодействующих с течением в следе за телом. Выделен нестационарный режим с формированием в сверхзвуковом потоке нестационарной периодической структуры, напоминающей вихревую дорожку Кармана за цилиндром в потоке несжимаемой жидкости. Кроме существенного влияния на аэродинамические свойства обтекаемого тела, наличие в сверхзвуковом потоке вихревых структур важно, например, для понимания характера течений в каналах с преградами, имеет принципиально важное значение для организации смещения в сверхзвуковом потоке.

ИАП РАН

Показано, что представленная обобщенная мотивная теория когомологий допускает единственную нормализованную SLc-ориентацию если соответствующий пучок нулевых когомологий является пучком в топологии Зарисского. Для SL-ориентированных мотивных теорий когомологий предьявлена явная конструкция классов Тома векторных расслоений, допускающих квадратных корень из детерминантного линейного расслоения. Получены новые результаты о кручении характеристических классов в SL-ориентированных мотивных теориях когомологий, в частности, показано, что класс Эйлера ориентированного расслоения, допускающего подрасслоение (не обязательно ориентированное) нечётного ранга, обнуляется при умножении на класс мотивного отображения Хопфа.

Решены родственные задачи о восстановлении риманого многообразия по зашумленным данным о парных расстояниях между элементами случайного конечного подмножества многообразия, и о приближении метрического пространства римановым многообразием ограниченной геометрии.

Представлена новая концепция поверхностных волн интерференционного типа на примере волн шепчущей галереи в трехмерном случае. Особенность этих задач состоит в том, что геодезические линии, вдоль которых скользят поверхностные волны, обладают кручением и образуют на поверхности каустики. Предлагаемая теория позволяет преодолеть трудности с фокусировкой поля поверхностных волн на каустиках и учесть кручение геодезических. Основной результат состоит в том, что волновое поле поверхностной

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>волны представляется в виде суперпозиции (интеграла) специальных асимптотических решений уравнения Гельмгольца, локализованных в окрестности геодезических линий и не имеющих особенностей на каустиках. Можно отметить, что возникающий алгоритм численных расчетов волнового поля поверхностных волн напоминает известный метод суммирования гауссовых пучков.</p> <p>Показано, что две известные гипотезы теории узлов, на протяжении нескольких десятилетий, рассматривавшиеся как весьма правдоподобные, противоречат друг другу. Одна из этих гипотез – восходящая к классификации Терстона и геометризированной гипотезе гипотеза о превалировании гиперболических узлов по отношению к одной из естественных мер, вторая – насчитывающая уже более чем 120-летнюю историю гипотеза об аддитивности числа перекрестков при связном суммировании.</p> <p>Изучены одномерные марковские процессы специального вида, которые являются не-симметричными скачкообразными процессами Леви, принимающими значения на конечном интервале и отражающимися от граничных точек. Показано, что в этом случае кроме стандартной подгруппы операторов, порожденных марковским процессом, возникает еще семейство «граничных» случайных операторов, переводящие функции, заданные на границе интервала, в элементы пространства L_2 на всем интервале. Рассмотрена последовательность сложных пуассоновских процессов, построенных суммам одинаково распределенных случайных величин, слабо сходящаяся к винеровскому процессу. Доказана сходимости по распределению некоторых функционалов от этих процессов к локальному времени винеровского процесса.</p> <p>Исследована гладкость слабых решений эллиптического уравнения с несолодониальным дрейфом, имеющим особенность типа c/ x. В двумерном случае доказаны существование и единственность r-слабых решений (т.е. решений, градиент которых принадлежит L_r) задачи Дирихле для данного уравнения. Соответствующая многомерная теория была развита в 2018 году в работе Kim и Tsai.</p> <p>Сложность в системе обобщённого вывода в идеале (IPS, Ideal Proof System, Грошов и Питасси) сравнивалась со сложностью аналогичного полужалгебраического вывода (CPS, Cone Proof System). Оказывается, что невозможность эффективного преобразования полужалгебраического вывода в алгебраический эквивалентна гипотезе Шуба-Смейла о</p>

сложности построения чисел (в свою очередь, тесно связанной с широко известной та-у-гипотезой).

Рассматривался классической вопрос о сложности “сертификатов несовместности” систем полиномиальных уравнений $f_1 = 0, \dots, f_m = 0$ от n переменных x_i над некоторым полем. Такие сертификаты предоставляет, например, теорема Гильберта о нулях, более эффективные получаются при динамическом выводе в идеале и при использовании неравенств, в частности, в системе доказательств Sum-of-Squares. Предложена новая техника получения нижних оценок на размер сертификатов невыполнимости, позволявшая решить открытый вопрос, поставленный Импальяццо, Моули и Питасси.

Построен пример оператора, у которого все положительные степени ограничены в совокупности, квазиподобного одностороннему сдвигу кратности 1 и удовлетворяющего критерию подобия одностороннему сдвигу кратности 1 для скалляр (оценке нормы голоморфного семейства собственных векторов сопряженного; критерий для скалляр доказан М. Uchiyama, 1990), но неподобного одностороннему сдвигу кратности 1. Приведенное построение не подходит для решения аналогичного вопроса для полиномиально ограниченных операторов.

Категория оснащенных соответствий $\text{Fg}^*(k)$, оснащенные предлучки и оснащенные пучки были введены (определены) в записках Воеводского. Оснащенные соответствия возникают как алгебро-геометрический аналог конструкции Понтрягина-Тома. Основная ваясь на этих записках, была построена новая (чисто локальная) модель для классической стабильной мотивной категории Воеводского. Кирпичиками, из которых строится эта категория являются гомотопически инвариантные, стабильные, оснащенные пучки Нисневича. Основная теорема утверждает, что они являются строго гомотопически инвариантными и обладают столь же замечательными свойствами как и гомотопически инвариантные пучки Нисневича с трансферами Воеводского.

Представление Меллина-Барнса было первоначально получено для квантовой цепочки Толды, это очень важная формула, составившая эпоху в развитии квантового метода обрратной задачи. Получено обобщение этого представления на случай $SL(2, \mathbb{C})$ – магнетика (связанного с бесконечномерными представлениями основной серии).

ПОМИ РАН

Установлены новые свойства конфигурационных графов с независимыми случайными степенями вершин. Значительное внимание уделялось конфигурационным графам с неизвестным и изменяющимся распределением степеней вершин. Найдены условия, при

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>выполнении которых граф асимптотически связан. Доказаны предельные теоремы о степенной структуре условных конфигурационных графов. Впервые рассматривались случайные леса Галтона-Ватсона, возникающие в моделях сложных сетей коммуникаций. Свойства конфигурационных графов исследовались также методами имитационного моделирования. Найдены зависимости вероятностей связности от объема графа и параметров различных распределений степеней вершин.</p> <p>Доказано существование локально равномерно выпуклой нормы на банаховом пространстве непрерывных функций, заданных на F-компакте спектральной высоты 3 и доказаны теоремы о свойствах произведений квази-F-компактов и F-компактов.</p> <p>ИПМИ КарНЦ РАН</p>
	<p>Рассмотрена задача о движении объекта в условиях наблюдения телесным наблюдателем с известной геометрией в двумерной и трехмерной постановках. В заданном коридоре движется объект, обладающий скоростным поражающим устройством, от которого наблюдатель вынужден скрываться за фрагменты окружающей среды. Цель наблюдателя – обеспечить слежение за объектом в безопасном для себя режиме. Цель объекта – уклониться от наблюдения. Найдены условия и фрагменты окружающей среды объект может уклониться от наблюдения. С другой стороны, охарактеризованы условия, гарантирующие возможность безопасного слежения за объектом.</p> <p>Рассмотрена задача Дирихле для нелинейных эллиптических уравнений второго порядка. Установлены новые результаты о свойствах суммируемости энтропийных и слабых решений этой задачи в случае, когда правая часть уравнения принадлежит классам, близким к L^1 и определяемым, в частности, логарифмической функцией, её композициями произвольной кратности, а также функциями, растущими на бесконечности медленнее любой степени таких композиций. При этом показана явная зависимость свойств суммируемости решений и их градиентов от функции, определяющей суммируемость правой части уравнения, параметра, характеризующего рост коэффициентов уравнения, и некоторого множителя, порожденного композициями логарифмической функции. Эти результаты не только включают известные результаты и их усиления, но и дают описание</p>

свойств суммируемости решений упомянутой задачи в большом разнообразии интересных случаев, не рассматривавшихся ранее. Полученные результаты являются существенным продвижением в изучении свойств решений нелинейных эллиптических уравнений второго порядка со слабо регулярными данными и могут быть полезными при исследовании свойств решений эллиптических уравнений высокого порядка, вырождающихся и анизотропных уравнений, и вариационных неравенств со слабо регулярными данными.

Для некоторых классов распределенных систем (в том числе известных в нейрологии систем ФитцХью-Нагумо или уравнений Шлегля, используемых для моделирования процесса химической реакции в неравновесных фазовых трансмиссиях) исследованы задачи реконструкции неизвестных возмущающих воздействий. Установлены условия их разрешимости. Сконструированы устойчивые к информационным погрешностям и ошибкам вычислений алгоритмы. Доказаны теоремы о сходимости. Алгоритмы прошли компьютерное тестирование.

ИММ им. Н.Н. Красовского УрО РАН

Описаны L -предвойственные пространства для инъективных банаховых решеток.

Для задачи оптимального управления получен новый тип необходимых условий экстремума, усиливающих принцип максимума Понтрягина и расширяющие его на более широкий класс задач.

Получена полная классификация геодезически орбитальных римановых метрик (т.е. римановых метрик, для которых каждая геодезическая является орбитой некоторой однопараметрической группы изометрий) на компактных односвязных однородных пространствах $G:H$ с простой группой изотропии H .

Для решений задачи Коши для системы нелинейных вырождающихся параболических уравнений, описывающих температурные процессы физики плазмы, впервые получены точные оценки компонент плотности и температуры. Получены улучшаемые оценки скорости стабилизации для решений задачи Коши нелинейного параболического уравнения с неоднородной плотностью и абсорбцией.

Разработаны методы и вычислительные схемы решения коэффициентных и геометрических обратных задач механики на основе итерационно-регуляриционных, проекционных и других подходов: 1) по восстановлению механических и теплофизических характеристик конечного полого цилиндра; 2) по одновременному восстановлению трех функций неоднородности (2 параметров Ламе и плотности) полого цилиндрического волновогода; 3) по реконструкции одноосного и плоского предварительного напряженно-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>формированного состояния для двумерных задач; 4) о нахождении коэффициентов определяющего соотношения нелинейно-упругого материала по диаграммам растяжения и кручения, 5) по идентификации дефекта в упругой полосе в задаче о колебаниях упругой изотропной полосы с расслоением у основания, с криволинейной трещиной, полости. При этом усовершенствованы математические модели деформирования.</p> <p>Для янгиана специальной линейной супералгебры и квантовой петлевой специальной линейной супералгебры доказана эквивалентность категорий их представлений, являющихся аналогами классической категории О. Исследована связь между структурами супералгебр Хопфа янгиана и квантовой петлевой супералгебры. Построен точный строгий факторизатор из одной категории представлений в другую, осуществляющий их эквивалентность. Дана явная конструкция этого фактора, основанная на детальном рассмотрении разностных уравнений специального вида. Полученные результаты имеют важное значение в исследовании суперсимметричных моделей квантовой теории поля и квантовой теории суперструн.</p> <p style="text-align: center;">ЮМИ ВНЦ РАН</p> <p>Для классов дифференциальных уравнений и систем с операторами дробного и рас-пределенного дифференцирования, включая уравнения высокого порядка, вырождающиеся и уравнения с запаздыванием, развиты методы теории потенциалов, решены основные начально-краевые задачи в многомерных областях, построены фундаментальные решения и функции Грина, изучены их качественные и структурные свойства.</p> <p>Для эллиптического уравнения целого порядка с постоянными коэффициентами при старших производных получена новая форма критерия Fredholmности задачи Дирихле и Неймана.</p> <p>Сформулирован и доказан критерий управляемости струны с общими нелокальными условиями интегрального типа. Сами управления выписаны в явном аналитическом виде.</p> <p>Для модельного нелокального уравнения смешанного гипербола-параболического типа с вырождением порядка в области его гиперболичности доказана корректность задачи Бицадзе-Самарского.</p> <p style="text-align: right;">ИПМА КБНЦ РАН</p>

Найдены достаточные условия для выполнения принципа больших уклонений для конечномерных приращений обобщённого процесса восстановления в случае, когда распределение случайных векторов, определяющих процесс восстановления, удовлетворяет моментному условию Крамера. Условия являются необходимыми в том смысле, что в случае, когда эти условия не выполнены функция уклонений будет иметь уже другой вид.

Построен широкий класс простых (правосимметрических) (супер)алгебр, содержащих матричную подалгебру с общей единицей. Доказана ассоциативность простых конечномерных $(1,1)$ -супералгебр с полупростой чётной частью над алгебраически замкнутым полем характеристики 0.

Доказано, что если X – полный класс конечных групп, то X -субмаксимальная подгруппа конечной группы X -максимальна в своем нормализаторе.

Доказано, что поле комплексных алгебраических чисел и упорядоченное поле вещественных алгебраических чисел имеют изоморфные представления в виде структур, вычислимые за полиномиальное время.

Разработаны общие подходы к системам с явными опровержениями. Разработан общий подход к аксиоматизации модальных систем с сильным отрицанием при помощи систем Гильбертовского типа, роль формул в которых играют секвенции с одной посылкой и одним заключением.

Найдены критерий существования позитивных всюду определенных вычислимых нумераций семейств надмножеств заданного множества, а также критерий существования однозначных вычислимых нумераций семейств подмножеств заданного множества.

В дифантовой алгебраической геометрии над любой абелевой группой есть результат о том, что неприводимые компоненты любого непустого алгебраического множества изоморфны между собой, а их число вычисляется как индекс неприводимой координатной группы в приводимой. Исследован этот же аспект в произвольном случае, когда рассматривается алгебраическая геометрия над абелевой группой с коэффициентами в некоторой её сервантной подгруппе.

Предложен метод оценки репрезентативного элементарного объема, на основании которого определяются основные свойства материалов и, в том числе, горных пород.

Построен алгоритм численного решения задачи Дирихле-Неймана, возникающей на шаге по времени при исследовании эволюционного движения конечного объема идеальной несжимаемой жидкости со свободной поверхностью (проблема академика Л.В. Овсянникова).

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>В общем случае выведены уравнения максимальных поверхностей для отображений-графиков, построенных по классам контактных отображений групп Карно. Дана полная классификация подгрупп конечного индекса в кристаллографических группах без элементов конечного порядка.</p> <p>Исследована возможность описания результатов сложной динамики каталитической реакции, которая была получена в экспериментах в условиях термо-программируемой реакции, выполненных в Институте катализа.</p> <p>Для функциональных классов соболевского типа на неоднородных метрических пространствах с мерой получены теоремы вложения в пространства Лебега и внутренние теоремы вложения в шкале рассматриваемых пространств.</p> <p>Построена общая асимптотическая теория обобщенных процессов восстановления. Разработан новый подход к построению и исследованию математических моделей в иммунологии и эпидемиологии в рамках детерминированного и стохастического описания динамики популяций с учетом предистории их развития.</p> <p>Разработана интерполяционная формула на основе подгонки к сингулярной составляющей интерполируемой функции. Получены оценки решений классов неавтономных нелинейных систем дифференциальных уравнений с запаздыванием. Получено аналитическое сингулярное разложение (SVD) продольного конусно-лучевого преобразования соленоидальных векторных полей. Получены точные формулы для соответствующих сингулярных чисел.</p> <p>Построены собственные функции Коссера для первой краевой задачи теории упругости в шаре. Ранее они были известны только частично.</p> <p>Предложен метод восстановления фазовой функции по гильбертограммам с помощью полиномов Бернштейна и итерационных алгоритмов Гаусса-Ньютона, Левенберга-Марквардта.</p> <p>Разработана новая гиперболическая термодинамически согласованная модель упруго-пластической сплошной среды с учетом континуального разрушения. Доказано, что состояние покоя магнитогидродинамической модели, описывающей течение несжимаемой вязкоупругой полимерной жидкости в бесконечном плоском канале, находящемся под влиянием внешнего магнитного поля и температуры, линейно неустойчиво по Ляпунову.</p> <p>ИМ им. С.Л. Соболева СО РАН</p>

Получены новые условия существования и единственности решений Каратеодори задачи Коши с разрывной правой частью. Рассмотрен спектральный метод решения задачи Коши с разрывной правой частью, основанный на использовании рядов Фурье, ортогональных в смысле Соболева и порожденных классическими ортогональными системами.

Установлены рекуррентные соотношения для полиномов, ортогональных в смысле Соболева и порожденных классическими ортогональными полиномами дискретной перемкнутой (Чебышева, Мейкснера, Шарлье, Кравчука).

Получены оценки скорости приближения функций из пространств Соболева частичными суммами рядов Фурье-Соболева-Уолша. Рассмотрена задача о равномерной сходимости ряда Фурье-Соболева-Лагерра на произвольном отрезке. Для функций из пространства Соболева рассмотрена задача об одновременном приближении функции и ее производных средними Валле Пуссена частичных сумм этого ряда.

Получены эффективно реализуемые условия на последовательности сеток узлов интерполяции, при выполнении которых для любой непрерывной на данном отрезке, кроме точки разрыва первого рода, функции, приближаемой соответствующей последовательностью рациональных сплайн-функций по трехточечным рациональным интерполяциям, отсутствует явление Гиббса. Доказана существование полученных условий, а именно, при нарушении этих условий на последовательности сеток узлов возникает явление Гиббса.

Получены оценки порядка $O(\sqrt{\epsilon})$ погрешности усреднения задачи Римана-Гильберта для систем двух и более уравнений Бельтрами и обобщенных уравнений Бельтрами. Причем на коэффициенты уравнений наложены минимальные условия – они измеримые, ограниченные периодические функции. Получены оценки порядка $O(\epsilon)$ погрешности усреднения периодической задачи для обобщенного уравнения Бельтрами с измеримыми, ограниченными и периодическими коэффициентами.

Продолжены исследования вопросов моментной устойчивости решений линейных и нелинейных уравнений Ито с последствием. Исследованы вопросы q -устойчивости $(1 \leq q < \infty)$ решений одной гибридной системы Ито с последствием относительно начальных данных. Получены достаточные условия q -устойчивости и экспоненциальной q -устойчивости $(2 \leq q < \infty)$ решений исследуемой системы в терминах параметров уравнений системы.

Исследованы вопросы существования и единственности положительного решения задачи Дирихле в шаре для одного нелинейного дифференциального уравнения второго порядка с нелинейностью. Указаны достаточные условия существования и единственно-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>сти на функцию и на показатель нелинейности, достаточные условия существования и несуществования положительного решения. Получены условия несуществования решения задачи Дирихле в звездной области более общего чем ранее вида.</p> <p style="text-align: center;">Дагестанский ФИЦ РАН</p> <p>Проведено дальнейшее исследование понятия «полуспиновой структуры» на заданном ориентированном расслоении, обобщающее понятие spin-структуры на расслоения с ненулевым двумерным классом Штифеля-Уитни. Это исследование является частью программы, цель которой – обобщить построенный ранее А.В. Жубром экзотический инвариант «гамма» для односвязных замкнутых 6-мерных многообразий на неодносвязные замкнутые 6-мерные многообразия. Кроме того, данное исследование устанавливает связь между «бордизмами с заданной полуспиновой структурой» и введенными в работе М. Крека и С.Штольца «бордизмами относительно заданного векторного расслоения».</p> <p>Решена контактная задача находящегося под действием весовой нагрузки кругового кольца и жесткого основания. Проблема сводится к решению задачи выпуклого квадратичного программирования. Определяется граница области активного взаимодействия, путем решения двойственной задачи определяются силы контактного взаимодействия.</p> <p>Представлена эволюция свойств элементарных частиц и их взаимодействий, начиная с планковского масштаба 10¹⁹ ГэВ, основанное на гипотезе о том, что высокотемпературный (высокоэнергетический) предел стандартной модели генерируется контракцией калибровочной группы. В пределе «бесконечной» температуры свойства частиц радикально изменяются: все частицы теряют массы, выживают только безмассовые нейтральные Z-бозоны и u-кварки, а также нейтрино и фотоны. Слабые взаимодействия становятся дальнodelействующими и порождаются нейтральными токами. Кварки имеют только одну цветовую степень свободы.</p> <p>Решена задача адаптивного субоптимального слежения ограниченного задающего сигнала для дискретного минимально-фазового объекта с неизвестным уровнем неопределенности в канале выхода и нецентрированным внешним возмущением с неизвестными смещением и верхней границей.</p>

Предложена модель эволюции двухуровневой системы с алгеброй наблюдаемых $su(2)$ при наличии окружения и внешнего поля, в которой алгебра наблюдаемых в пределе становится абелевой, но при этом система сохраняет характерные квантовые свойства (когерентность). Исследование открывает новые возможности поиска механизмов сохранения когерентности в эволюции кутритов, модели которых используются в теории фотосинтеза.

С комбинаторной точки зрения гафниан симметричной матрицы равен сумме весов совершенных паросочетаний графа с данной матрицей инцидентности. Определение значения гафниана – один из примеров труднорешаемой вычислительной задачи. Рассмотрен новый метод вычисления гафниана матрицы через перманенты ее подматриц. Приведено его сравнение с другими методами с точки зрения вычислительной сложности. Лежащее в основе свойства может быть использовано также вне контекста скорости вычисления, например, для оценки гафниана неотрицательной матрицы, исходя из известных оценок перманента.

КоминИЦ УрО РАН

Дано приложение развиваемой в последние годы теории функциональных пространств, известных как гранд-пространство Лебега и гранд-пространство Соболева, к дифференциальным уравнениям в частных производных. В случае неограниченных областей такие пространства строятся с использованием так называемых грандизаторов. При некоторых естественных предположениях о выборе грандизатора для произвольного эллиптического однородного дифференциального оператора четного порядка с постоянными вещественными коэффициентами доказывается существование в некотором гранд-пространстве Соболева решения соответствующего неоднородного уравнения с правой частью из соответствующего гранд-пространства Лебега. Кроме того, для указанных операторов в общем случае уточнены конструкции для фундаментального решения: оно строится в явном виде либо в виде сферических гиперсингулярных интегралов, либо в виде некоторых средних по плоским сечениям единичной сферы.

Доказаны оценки роста аналитических функций в гранд-пространстве Бергмана на верхней полуплоскости и в ассоциированном пространстве при приближении к границе. Показана в явном виде зависимость этих оценок от выбора грандизатора пространства Бергмана.

Предложен метод и получены простые аналитические решения задач дифракции акустических волн на полуплоскости, на одной из сторон которой задано импедансное краевое условие, а на другой – условие Неймана или Дирихле. Показано, что свойства

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>полученных решений имеют существенное значение для оптимального проектирования звуковых барьеров с поглощающими стенками.</p> <p>Предложены инженерные способы нахождения средних (усреднённых) скоростей распространения продольных волн в трубопроводах с демпфирующими стыками. Путём строгого анализа колебаний одномерной периодически неоднородной структуры показано, что результаты инженерных подходов для стержневой скорости являются первым или длинноволновым асимптотическим приближением, справедливым, когда период внешнего воздействия (длина сейсмической волны) значительно превышает размер ячейки периодичности трубопровода (длину трубы со стыком). Тем самым устанавливается, что при выполнении указанного условия сложная задача динамики трубопровода со стыками сводится к существенно более простой задаче о колебаниях однородного трубопровода, скорость распространения волн в котором равна найденному среднему значению. Приведённые численные примеры демонстрируют значительное (иногда на порядок) гашение стержневой скорости при наличии демпфирующих стыков.</p> <p>Получены точные аналитические решения задач дифракции нестационарных плоских и цилиндрических волн на полуплоскости при смешанных краевых условиях, когда на одной ее стороне задано условие Неймана, а на другой – условие Дирихле. С помощью численного анализа прифронтных асимптотик установлено более значительное ослабление взрывных волн за полуплоскостью (барьером) с разными звукопоглощающими свойствами сторон, чем при полном отражении от обеих сторон полуплоскости.</p> <p style="text-align: center;">КНИИ им. Х.И. Ибрагимова РАН</p> <p>Детерминантные точечные процессы характеризуются тем свойством, что их корреляционные функции могут быть заданы минорами некоторого корреляционного ядра. Однако это ядро, в отличие от корреляционных функций, определено не однозначно, что порождает трудности в изучении детерминантных процессов. Предложен формализм, позволяющий (при дополнительных предположениях) найти каноническое корреляционное ядро. Основная идея – использование связи с квазисвободными состояниями на алгебре антикоммутационных соотношений. С помощью разработанного метода удалось решить задачу об эквивалентности/дизъюнктности для конкретных процессов.</p>

Определение последовательности Р. Аперы для доказательства иррациональности значения дзета-функции Римана в 3, расширяется на нецелые значения индекса. Значение Ax для $x = -1/2$ связывается с центральным значением L-функции нормализованной параболической модулярной формы относительно конгруэнтной группы $\Gamma_0(8)$, а значения Ax для других полных индексов связываются с ее квазипериодами. Обсуждается гипотетическая связь разложения Тейлора в нуле другой интерполяции чисел Аперы с вариантом гамма-типотезы, выражающая глубокие взаимосвязи теории чисел с топологией. Определена q -деформация частично сферической циклотомической рациональной алгебры Чередника и представлены 4 эквивалентных реализации этой алгебры: а) как подалгебры двойной аффинной алгебры Гекке-Чередника типа A, заданной явными образующими; б) образующими и соотношениями; в) как алгебры разностно-отражающих операторов, сохраняющих определённый класс функций; г) как эквивариантную K-теорию некоторого пространства троек над аффинным пространством флагов. Доказано, что эта алгебра является квантованием некоторых мультипликативных колчанов и луковых многообразий. Эта алгебра применяется для доказательства разных результатов о плоскости семейств q -деформированных квазиинвариантов.

Установлена новая фундаментальная симметрия для большого количества интегрируемых стохастических систем. Доказано, что многооточечные совместные распределения естественных наблюдаемых не меняются при сдвиге подмножества точек наблюдений. Это свойство имеет место для стохастических вершинных моделей, направленных полимеров в случайной среде размерности $(1+1)$, задачи последнего просачивания (last passage percolation), стохастического дифференциального уравнения в частных производных Кардара-Паризи-Жанга и для листа Эйри. В каждом случае установленное свойство влечёт вычисления ранее недоступных совместных распределений. Данные доказательства основаны на сочетании интегрируемости неоднородной цветной стохастической шестивершинной модели, основанной на уравнении Янга-Бакстера, с идеями интерполяции Лагранжа. Также показано, что упрощенная (гауссовская) версия теорема связана с инвариантностью распределения локального времени броуновского моста при сдвигах уровня наблюдения. Работа выложена в архив и подана для публикации в журнал. Доказано, что для отображений окружности с одной точкой излома хаусдорфова размерность носителя инвариантной меры равна нулю, если соответствующее иррациональное число вращения типично в смысле меры Лебега. Показано, что ренормализационное преобразование для отображений окружности с изломами сохраняет симплектическую форму. При этом симплектическая форма связана с симплектической структурой для многообразия характе-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ров. Доказано, что в общем случае сопряжение гомеоморфизмов с изломами не является C^2-гладким. Приводятся соображения, подтверждающие гипотезу о том, что это должно быть верно и в случае критических поворотов окружности.</p> <p>Свойство рекуррентности для измеримых полугрупп отображений. Используя идеи, заимствованные из топологической динамики и эргодической теории, вводится несколько вариантов свойства рекуррентности для полугруппы измеримых отображений. Главный интересующий вопрос состоит в том, чтобы оценить, насколько велико множество рекуррентных точек. Показано, что при достаточно слабых технических предположениях дополнение к этому множеству имеет нулевую (refuge) меру. Получены необходимые и достаточные условия для этой контрольной (refuge) меры (которая не обязана быть динамически инвариантной), чтобы удовлетворять этому свойству. Полученные результаты являются новыми даже при условии наличия единственного генератора полугруппы, т.е. обычной измеримой динамической системы. Любопытно, что может оказаться, что почти все точки рекуррентны, однако имеются блуждающие множества положительной меры. Исследованы вопросы наследования свойства рекуррентности от генераторов полугруппы ко всей полугруппе и наоборот, и показано, что это наследование может быть довольно неожиданным.</p> <p style="text-align: center;">ИППИ РАН</p> <p>Выполнен теоретический анализ краевой задачи для нелинейной системы уравнений, моделирующих радиационно-диффузионный теплообмен в трехмерной области с френелевскими условиями сопряжения на поверхностях разрыва коэффициента преломления. Однозначная разрешимость краевой задачи доказана без ограничений малости исходных данных.</p> <p>Доказана точная локальная управляемость для уравнений Навье-Стокса, моделирующих течение вязкого сжимаемого газа в двумерной ограниченной области. В качестве управления рассматривается плотность внешних сил, локализованная в произвольной подобласти.</p> <p>Показано, что сравнение емкостей подходящих конденсаторов дает неравенство для производных Шварца голоморфной p-листной в единичном круге функции со значениями в заданной области комплексной плоскости.</p>

Классическое неравенство Поля–Шура для логарифмической энергии дискретного заряда, сосредоточенного в точках окружности, обобщено на случай гриновой энергии относительно концентрического кругового. Изучено поведение функции Фокса-Райта (обобщения гипергеометрической функции) в окрестности положительной особой точки. При определенных ограничениях на параметры впервые получено сходящееся разложение в ряд с рекурсивно вычисляемыми коэффициентами. Вычислен скачок и среднее значение функции Фокса-Райта на берегах указанного разреза.

Доказаны двух- и трехточные теоремы искажения для рациональных функций, которые обобщают недавние результаты, касающиеся неравенств бернштейновского типа для полиномов и рациональных функций. Рассматриваемые рациональные функции имеют либо мажоранту, либо ограничение на расположение нулей.

Рассмотрена категория пространств $\mathcal{C}u$ с переменным алфавитом над категориями S -множеств, то есть множеств с действием коммутативного моноида S . В отличие от категории пространств $\mathcal{C}u$ с постоянным алфавитом уравниватели морфизмов в этой категории могут не существовать. Доказаны условия, которым должны удовлетворять произведения, если они существуют. Доказано, что произведения существуют, если умножаются $\mathcal{C}u$ -пространства с нулевыми алфавитами.

Доказана глобальная разрешимость краевых задач и задач граничного управления для стационарных уравнений магнитной гидродинамики в ограниченной области с неидеальной границей. Для задач управления выведены системы оптимальности и на основе их анализа получены точные оценки локальной устойчивости оптимальных решений для различных функционалов качества в случае, когда тангенциальная компонента магнитного поля принадлежит пространству функций, интегрируемых с квадратом, вместо пространства следов.

Доказана глобальная разрешимость краевых задач и задач мультипликативного управления для нелинейной модели реакции-диффузии-конвекции, в котором коэффициент реакции нелинейно зависит от концентрации вещества. Установлен принцип максимума для концентрации. Для мультипликативных задач управления выведены системы оптимальности и на основе их анализа получены точные оценки локальной устойчивости оптимальных решений.

Изучены вопросы корректности задачи Коши для нестационарного уравнения переноса излучения с комптоновским рассеянием. С привлечением теории сильно непрерывных полугрупп исследована корректность задачи на неограниченном промежутке времени. Доказано, что спектр генератора сильно непрерывной полугруппы разрешающих опера-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>торов содержится в левой комплексной полуплоскости. Показано, что в достаточно узком энергетическом диапазоне всегда можно добиться выполнения условий, гарантирующих устойчивость решения задачи Коши.</p> <p>Доказаны аналогии тождеств Хис-Брауна и Сельберга для трехмерных сумм Клостермана. Решено функциональное уравнение из теории полилинейных функционально-дифференциальных операторов, абелевых функций и векторных теорем сложения. Вычислены средние по параметрам сумм Клостермана, в которых также участвуют характеры Дирихле. Они возникают при построении арифметических формул следа в теории автоморфных форм.</p> <p>Предложена новая конструкция построения варианта криптосистемы RSA, в которой длина открытого ключа уменьшается более чем в три раза.</p> <p>Предложены эвристические алгоритмы для построения пар случайных простых чисел, произведение которых лежит в заданном интервале. Они позволяют в известной криптосистеме RSA выбрать более короткие открытые ключи (в два раза для первого алгоритма и в три раза – для второго).</p> <p>Получена характеристика билинейных весовых дискретных неравенств типа Харди и аналогичных неравенств в рамках квантового анализа для всех возможных параметров суммирования. Аналогичная задача решена для многомерных билинейных неравенств с операторами интегрирования по шару.</p> <p style="text-align: center;">ИПМ ДВО РАН и Хабаровское отделение ИМП ДВО РАН</p> <p>Наряду с классическими пространствами Лебега в теории функций рассмотрены гранд-пространства Лебега, с помощью которых решен ряд вопросов о суммируемости якобианов и других характеристик многомерных отображений. Описано ассоциированное пространство, двойственное к гранд-пространствам, решена задача для пространства Бохнера-Лебега.</p> <p>Рассмотрена задача Дирихле для эллиптического уравнения с особенностью. Особенность решения задачи обусловлена наличием входящего угла на границе области. Определено R-обобщенное решение этой задачи. Это позволяет строить численные методы поиска приближенного решения без потери точности. Доказано существование и единственность R-обобщенного решения во множестве W_{21}.</p>

	<p>Среди операторов функционального анализа со свойствами осреднения, наибольшей известностью пользуется интегральное преобразование Хаусдорфа, одним из свойств которого является перестановочность с преобразованиями Фурье. Получено обобщение этого феномена на случай интегральных преобразований, построенных при вычислении двумерных матриц.</p> <p>Системы всплесков типа сплайнов широко применяются для исследований во многих областях фундаментальной и прикладной математики. Функциями, порождающими базы таких систем, как правило, являются В-сплайны. Изучены свойства систем всплесков, полученных ортогонализацией В-сплайнов натуральных порядков гладкости. Построены элементы таких систем – масштабирующие функции и соответствующие им всплески. Полученные системы применены к теоремам декомпозиции элементов пространств типа Бесова и Лизоркина-Трибеля с весовыми функциями типа Мукенхоупта.</p> <p>Построены контрпримеры для максимальных неравенств пространств $W_{p,q,s}(R^n)$, $F_{p,q,s}(R^n)$. Предложено условие, при котором эти неравенства выполняются. Рассмотрено одно весовое максимальное неравенство на ограниченном интервале вещественной прямой, связывающее функцию, бесконечно дифференцируемую с компактным носителем на этом интервале, и ее производную.</p> <p>Получены оценки аппроксимативных чисел интегрального оператора Харди, действующего в весовых пространствах Лоренца. Найдены условия, при которых компактный оператор Харди принадлежит определенным классам операторных идеалов. Приведены оценки квазинорм операторных идеалов через интегральные выражения, зависящие от весовых функций исходного оператора.</p> <p style="text-align: center;">ХФИЦ – ВЦ ДВО РАН</p>
<p>2. Вычислительная математика</p>	<p>Для линейного многомерного уравнения конвекции-диффузии разработаны новые высокоточные бикомпактные схемы. Их пространственная аппроксимация основана на многомерной эрмитовой интерполации и имеет четвертый порядок. Построенные схемы экономичны в своей реализации, консервативны, абсолютно устойчивы. Ранее схемы данного класса применялись лишь для решения многомерных гиперболических уравнений, из чего следует новизна полученного результата. Благодаря ему впервые удалось применить бикомпактные схемы для расчетов трехмерных нестационарных течений вязкой несжимаемой жидкости. На примере турбулентного течения, возникающего при распаде вихря Тейлора-Грина, продемонстрировано хорошее спектральное разрешение бикомпактных схем; ранее оно было проанализировано чисто теоретически в случае</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>простейшего линейного уравнения переноса. Бикомпактные схемы, конкурентным преимуществом которых является сочетание хорошей устойчивости и высокого разрешения, теперь могут применяться к существенно более широкому кругу задач аэро- и гидродинамики – в этом состоит практическая значимость проведенных исследований.</p> <p>Разработаны высокопроизводительные пучковые алгоритмы адаптивного синтеза малозатратных баллистических сценариев для межпланетных полетов КА с использованием гравитационного рассеяния небесных тел (гравитационных маневров) в точных эфемеридах. В качестве ключевого элемента инструментария создан алгоритм селекции отраженных и переотраженных пучков виртуальных траекторий КА (десятки миллионов вариантов) на основе свойств инвариантности величины асимптотической скорости КА (суть интеграла Якоби ограниченной задачи трех тел) при совершении гравитационных маневров с одним небесным телом. Показано, что для формирования спектра асимптотических скоростей необходима реализация «внешних», перекрестных гравитационных маневров. Доказана сходимости функциональной зависимости, соответствующей интегралу Якоби, у синтезируемых траекторий к значению интеграла Якоби при совершении гравитационного маневра (квадратичная зависимость от асимптотической скорости).</p> <p style="text-align: center;">ФИЦ ИПМ им. М.В. Келдыша РАН</p> <p>Разработаны новые параметрические представления решения сингулярной задачи Коши для уравнения Эмлена – Фаулера, позволившие создать высокоточный и высокоэффективный аналитико-численный метод с приложением к модели Томаса – Ферми распределения внутриатомного потенциала для многоэлектронного атома, заключенного внутри кристаллической решетки.</p> <p>Доказана теорема об аппроксимации решений некоторых обобщенных краевых задач для уравнения Лапласа гармоническими многочленами. Этот результат является базой для разработки вычислительных методов в динамике вязкой несжимаемой жидкости.</p> <p>Разработана и реализована в Maple задача построения рациональных решений систем линейных дифференциальных, разностных и q-разностных уравнений с полиномиальными коэффициентами с использованием контрольных точек останова алгоритма. Разработаны и реализованы в Maple алгоритмы построения усеченных лорановых решений</p>

для линейных дифференциальных уравнений и нормальных систем дифференциальных уравнений с усеченными коэффициентами, а также алгоритмы построения усеченных регулярных и экспоненциально-логарифмических решений для линейных дифференциальных уравнений с усеченными коэффициентами.

Найдено аналитическое решение задачи о турбулентном пограничном слое. Это решение хорошо соответствует экспериментальным измерениям, что подтверждает известную физическую концепцию крупномасштабной турбулентной вязкости. Построенный аналитико-численный метод исследования устойчивости малых вертикальных возмущений океанских течений позволил выявить области неустойчивости течений в зависимости от физических параметров модели. Проведенное исследование имеет важное значение для анализа эмпирических данных в Северной Атлантике.

Разработаны два новых метода расчета неравновесных течений разреженного газа, подобных течениям в микро- и нано-электромеханических устройствах и в пористых средах. Первый метод базируется на иерархии решеточных моделей уравнений Больцмана по числу дискретных скоростей, увеличение которого дает повышение точности описания негидродинамических моментов (метод Гаусса). Второй метод – гибридный: в областях с неравновесным течением используются классические кинетические модели, а в областях, близких к локальному равновесию – решеточные модели уравнения Больцмана.

Разработаны и апробированы численные методы решения обратных коэффициентных задач для дифференциальных уравнений в частных производных, в частности волнового уравнения и модификации в сторону упрощения численной реализации методов итеративной регуляризации. Обоснованы упрощенные алгоритмы итеративной регуляризации и проведена их апробация на моделях эпидемиологии, в частности на некоторых моделях распространения Covid-19.

ФИЦ ИУ РАН

Высокоскоростные течения двухфазных сред со значительным объемом содержащим частиц возникают в многочисленных приложениях из области взрывобезопасности и энергетики. Прямое численное моделирование взаимодействия ударной волны с системой подвижных тел может дать принципиально новые знания, которые невозможно получить в рамках подходов механики гетерогенных сред. Разработан трехмерный вычислительный алгоритм метода декартовых сеток для прямого численного моделирования взаимодействия ударной волны и потока газа за ней с подвижными телами. Решаются трехмерные

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>уравнения Эйлера в области с изменяющимися границами. Алгоритм относительно прост в реализации и не требует решения задачи вычислительной геометрии об определении формы или объема фигуры, возникающей при пересечении границ тела с регулярными кубическими ячейками расчетной области. Рассмотрена задача о взаимодействии ударной волны и сверхзвукового потока за ней с подвижной частицей, соответствующая натурному эксперименту. Полученные значения нестационарного коэффициента сопротивления частицы с точностью до 10% соответствуют экспериментальным данным.</p> <p>Представлены результаты численного исследования структуры ударного слоя около ромбовидного крыла при его обтекании со скольжением на режимах со сверхзвуковыми передними кромками. Классифицированы особенности течения, возникающие на подвижной части крыла в широких диапазонах изменения числа Маха, параметров геометрии крыла и углов атаки и скольжения. Определены критерии существования вихревых особенностей Ферри в отсутствии точек ветвления ударных волн.</p> <p>Изучение динамики пятен перемешанной жидкости в стратифицированной окружающей среде представляет интерес как для исследования тонкой структуры океана, так и для исследования динамики следа за движущимся подводным объектом. Построена математическая модель и вычислительный алгоритм для этой задачи. В качестве стратегифицирующего компонента выбрана солёность. Эта модель описывается уравнениями Навье-Стокса в приближении Буссинеска. Для решения поставленной задачи используется одна из последних версий разработанного авторами метода расщепления по физическим факторам, конечно-разностная схема которого обладает такими свойствами, как высокий порядок аппроксимации, минимальная схемная вязкость и дисперсия, что особенно важно при решении задач с большими градиентами гидрофизических параметров, задач со свободной поверхностью и внутренними волнами свойством монотонности. Проведены многочисленные тестовые и методические расчеты по изучению влияния сеточных параметров на результаты. Результаты сравнения сравнились с аналитическими оценками, экспериментальными данными и расчетами других авторов. В качестве примера показана динамика возмущения солёности, что соответствует линиям равной фазы, характеризующим поведение внутренних волн в процессе коллапса пятен.</p>

ИАП РАН

Методом общего решета числового поля (GNFS) получено разложение числа RSA-232. На линейном этапе алгоритма использовалось программное обеспечение, полностью разработанное в ИВМ РАН. Вычисления производились с использованием суперкомпьютеров «Ломоносов-2» МГУ имени М.В. Ломоносова и «Жорес» Сколтеха.

Разработаны новые конечно-объемные методы расчета фильтрационных течений в неоднородных трещиноватых пластовых средах на сетках общего вида.

Проведено теоретическое исследование и разработаны алгоритмы решения задач вариационного усвоения данных для математической модели морской динамики с учетом ковариационных матриц ошибок наблюдений.

ИВМ им. Г.И. Марчука РАН

Для классической модели чистого обмена Эрроу-Дебре с мультипликативными функциями полезности его участников предложены и обоснованы новые итерационные схемы настройки равновесных цен, основанные на учете инфляционных процессов, присущих любой рыночной экономике. Показано, что отражение этих процессов в итерационных схемах позволяет эффективно решить такие проблемы последних как выбор шагового параметра и возможный выход последовательности текущих цен в область отрицательных значений. Также существенно ослабляются условия, при которых в конкретной экономике гарантируется достижение баланса между суммарными спросом и предложением на товары. Получены соответствующие теоремы сходимости новых методов и представлены положительные результаты численных экспериментов, в том числе и для экономик с другими типами функции полезности (не мультипликативными), которые раньше вызвали определенные трудности у исследователей.

ИММ им. Н.Н. Красовского УрО РАН

Исследована асимптотика среднего потока частиц с размножением в случайной среде с приложением для анализа мировой статистики COVID-19. Плотность потока частиц в размножающей среде асимптотически экспоненциальна по времени t с показателем Lt . Если среда случайна, то параметр L случаен и для оценки временной асимптотики среднего (по реализациям среды) потока частиц J_t можно осреднять экспоненту по распределению L . В предположении гауссовости этого распределения таким образом получается асимптотическая «сверхэкспоненциальная» оценка $J_t \sim \exp(t \cdot EL + t^2 DL/2)$. Для численной проверки такой оценки разработано вычисление логарифмической производной

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>среднего потока и вероятностных моментов случайного параметра L методом Монте-Карло. Дано приложение указанной новой формулы к исследованию пандемии COVID-19.</p> <p>Метод модификации программ расчета физически корректных изображений 3D сцен для учета явления интерференции. Одна из основных тенденций исследований и разработок в области фотореалистической визуализации – обеспечение все большей степени физической корректности используемых математических моделей взаимодействия света с объектами сцены. Это выражается в более подробной спецификации материала объекта сцены, то есть его оптических характеристик, включая источники освещения, и в соответствующем усложнении информационной нагрузки трассирующего луча для учета особенностей математической модели.</p> <p>Для расчета изображений с интерференцией по сравнению с существующими реализациями разработаны новые спецификации оптических материалов и соответствующая информационная нагрузка трассирующего луча, которые учитывают: когерентность лучей света, фазу колебаний световой волны, поляризацию. Предлагаемый метод модификации программ расчета изображений проверен для сцен с оптически изотропными и анизотропными объектами.</p> <p style="text-align: center;">ИВММГ СО РАН</p> <p>Сконструированы алгоритмы и разработан пакет прикладных программ для рекуррентного вычисления полиномов, ортогональных по Соболеву и порожденных класс. ортогональными полиномами дискретной переменной (Чебышева, Мейкенера, Шарлье, Кравчука). Дагестанский ФИЦ РАН</p> <p>Исследованы обратные задачи магнитостатики, возникающие при проектировании двумерных многослойных экранирующих и маскировочных устройств. Предполагается, что проектируемое устройство имеет вид круговой оболочки, состоящей из конечного числа слоев, каждый из которых заполнен однородной изотропной средой. С помощью оптимизационного метода рассматриваемые обратные задачи сведены к конечномерным экстремальным задачам, в которых постоянные магнитные проницаемости каждого слоя играют роль управляющих параметров. Предложен и реализован численный алгоритм</p>

решения этих экстремальных задач, основанный на методе роя частиц, установлены некоторые свойства предложенного алгоритма и полученных оптимальных решений.

Изучены обратные задачи электростатики, возникающие при проектировании двумерных многослойных экранирующих и маскировочных устройств. С использованием оптимизационного метода рассматриваемые обратные задачи сведены к конечномерным экстремальным задачам, в которых постоянные электрические проницаемости каждого слоя играют роль управляющих параметров. Разработан численный алгоритм их решения, основанный на методе роя частиц. Показано, что устройства, спроектированные с помощью предложенного алгоритма, обладают наивысшей маскировочной эффективностью и простотой технической реализации.

Рассматривается вопрос об оценке точности вычислений для задачи частичной идентификации химического состава неизвестной среды по результатам многократного просвечивания этой среды коллимированным потоком рентгеновского излучения на различных энергиях. Задача сводится к исследованию сингулярных чисел для системы алгебраических уравнений, линейных относительно произведений неизвестных величин. Размерность этой системы равна числу химических элементов, которые по предположению могут входить в состав неизвестной среды. Основную роль в задаче идентификации играет множество, являющееся пересечением всех возможных эллипсоидов возмущения решения системы. Установлено, что «наименьший диаметр» этого множества с ростом размерности задачи уменьшается. Поэтому с ростом размерности задачи ошибка решения во многих случаях также уменьшается. Предложенный метод решения задачи идентификации также позволяет получить тот набор значений энергий, на котором ошибка решения задачи будет минимальной.

ИПМ ДВО РАН

Рассмотрены стационарные, линеаризованные с помощью итераций Пикара, несжимаемые уравнения Навье-Стокса течения вязкой жидкости в конвективной форме в L -образной области. Определено R_v -обобщенное решение задачи в специальных множествах весовых пространств. Для нахождения приближенного R_v -обобщенного решения построен специальный метод конечных элементов. Базисные функции конечномерных пространств дополнены весовыми функциями как множителями, которые совпадают с расстоянием от точки до вершины тупого угла в δ -окрестности точки сингулярности и радиусом δ вне ее. Степень весовой функции, как и параметр v в определении R_v -обобщенного решения, так и радиус δ -окрестности точки сингулярности являются свобод-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ными параметрами метода. Специально подобранная их комбинация приводит к увеличению порядка сходимости приближенного решения к точному решению задачи почти в два раза, по-сравнению с классическими подходами, и достигает единицы по шагу сетки в нормах весовых пространств Соболева.</p> <p style="text-align: center;">Хабаровское отделение ИПМ ДВО РАН совместно с ВЦ ДВО РАН</p> <p>Система Ламе, заданная в области с входящим углом 360° на границе, рассмотрена как математическая модель задачи о трещине. Построен весовой метод конечных элементов на основе введения определения R_v-обобщенного решения. Это позволило подавить влияние сингулярности, вызванной наличием входящего угла, на точность вычисления приближенного решения. Сравнительный численный анализ представленного подхода с классическим методом конечных элементов и методом с измельчением сетки показал его преимущества в точности и стабильности вычислений, а также в использовании сеток большой размерности.</p> <p>Изучена задача дифракции (трансмиссии) акустических волн на трехмерных однородных включениях в обобщенной постановке. При помощи комбинаций потенциалов простого и двойного слоев для нее получены два слабосингулярных граничных интегральных уравнения Фредгольма первого рода с одной неизвестной функцией. Каждое из этих уравнений условно эквивалентно исходной задаче. Решена задача дифракции на спектрах интегральных операторов, где нарушаются условия эквивалентности полученных интегральных уравнений исходным задачам. Предложена методика численного решения таких задач, основанная на интерполяции их решений или соответствующих интегральных уравнений линейными комбинациями корректно разрешимых задач с «близкими» волновыми числами. Выполнены вычислительные эксперименты, позволяющие оценить перспективность предлагаемого подхода.</p> <p>Рассмотрена трехмерная скалярная стационарная задача дифракции. Она сформулирована в виде граничного слабо сингулярного интегрального уравнения Фредгольма I рода с одной неизвестной функцией. Это уравнение аппроксимировано системой линейных алгебраических уравнений, которая затем решается численно итерационным мето-</p>

	<p>дом. С целью снижения вычислительной сложности на этапе приближенного решения этой системы использован мозаично-скелетный метод.</p> <p>Для решения многомерных контактных задач теории упругости с трением по закону Кулона и условиями непроникания предложен новый метод двойственности, основанный на использовании модифицированных функционалов Лагранжа. Предложенный подход позволил сгладить целевой функционал потенциальной энергии и применить эффективные методы оптимизации градиентного и ньютоновского типа для решения задачи минимизации. Численный алгоритм решения задачи реализован на гибридном вычислительном кластере ВЦ ДВО РАН с применением технологий высокопроизводительных вычислений на GPU.</p> <p style="text-align: center;">ХФИЦ – ВЦ ДВО РАН</p>
<p>3. Математическое моделирование</p>	<p>Проведены уникальные расчеты разряда в капилляре с учетом всех его геометрических особенностей. Полученные результаты демонстрируют важность учета подводящих каналов как на процесс формирования волнового, так и на его итоговые параметры. Капиллярный разряд является наиболее простым и надежным способом получения плазменного канала с заданными параметрами в компактных лазерно-плазменных ускорителях, основанных на образовании плазменных волн при прохождении мощного лазерного импульса вдоль плазменного канала/волнового. Ускорители частиц являются незаменимым инструментом во многих областях науки, промышленности и медицины. Формирование волнового является существенно нелинейным процессом, для исследования которого необходимо численное моделирование. До сих пор в мире применялись одно- и двумерные математические модели явления, не позволяющие учесть влияние всех геометрических особенностей капилляра на итоговые параметры получаемой плазмы. Например, для согласования размеров ускоряющего лазера и ширины плазменного канала необходимо знать точное распределение плазмы вблизи открытых концов капилляра. В этой области параметры плазмы зависят как от формы электродов, так и от расположения подводящих каналов. Оценить их влияние на итоговые параметры канала возможно только с помощью трехмерного моделирования.</p> <p>Разработана новая неравновесная двух температурная гидродинамическая модель, составной частью которой является гидродинамический вариант модели двойного электрического слоя. Модель содержит описание физических механизмов ультракороткой лазерной абляции – быстрый нетепловой, и медленный термодинамический. Применение разработанной модели для математического моделирования неравновесных</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>процессов при лазерном воздействии на металлы (Al, Cu) позволило построить и объяснить бимодальное распределение скоростей наночастиц в рамках единой модели, а также определить роль давления электронного Ферми-газа металла на начальной стадии удаления быстрых частиц с поверхности мишени.</p> <p>Предложена физико-математическая модель кулоновского взрыва в металлах при ультракоротком лазерном воздействии. Разработан комплекс средств математического моделирования математические модели, вычислительные методы и алгоритмы, комплекс программ для анализа динамики развития флюидонаполненной трещины в связанной постановке с учетом течения в трещине, пороупругих процессов в среде и обособленных критериев ее развития. Задача рассматривается в полностью связанной трехмерной постановке. Состояние вмещающей трещину среды описывается в рамках модели Био. Срединная поверхность трещины является произвольной достаточно гладкой поверхностью с краем. Предложенный комплекс алгоритмов основан на применении «расширенного» метода конечных элементов (X-FEM) для решения задачи во вмещающей трещину среде и оригинальном конечно-элементном варианте методе проекции ближайшей точки для решения уравнений смазочного слоя. Результирующий алгоритм использует единое представление поверхности для описания эволюции трещины, решения пороупругой задачи во вмещающей трещину пороупругой среде и течения в трещине. Метод является эйлеровым и использует единую трехмерную расчетную сетку для решения уравнений в среде и в трещине.</p> <p>Разработана модель неравновесной радиационной проводимости газа в приближении пространственной однородности функции распределения вторичных электронов. Данные электроны образуются при ударной ионизации молекул газа быстрыми заряженными частицами. Параметры радиационной проводимости необходимы для моделирования самосогласованного электромагнитного поля. Предлагаемая модель основана на моментном разложении кинетического уравнения и специальном усреднении по энергии электронов. Получены пространственно-однородные уравнения для концентрации, плотности тока и удельной энергии электронов. Сравнения с полным решением кинетического уравнения для вторичных электронов методом частиц в простой постановке подтвердило эффективность модели. Программа, реализующая модель, вошла в состав программного комплекса Радиационное и ЭлектроМагнитное Поле.</p>

Использование ультракоротких ($t \sim 10\text{--}14 - 10\text{--}12$ сек) сверхмощных ($10^{11}\text{--}10^{13}$ Вт/см²) импульсов в современных лазерных технологиях сопровождается появлением принципиально новых физических явлений. Длительность воздействия ультракоротких импульсов оказывается короче времен релаксации всех основных процессов, и поглощенная энергия лазерного импульса выделяется в электронной компоненте, оставляя решетку холодной на время, необходимое для передачи энергии от нагретых электронов к решетке. По этой причине все процессы, индуцированные в веществе лазерным излучением: электронные, тепловые, гидродинамические и в том числе и фазовые превращения, протекают в условиях сильной неравновесности, что может приводить к сверхбыстрым нетепловым явлениям, таким как лазерные фазовые переходы, абляция и др. В том числе сверхбыстрого фазового перехода, а именно, кулоновского взрыва (КВ).

КВ в диэлектриках под действием импульсов fs-лазера – общепризнанный факт. В полупроводниках и металлах это явление ставится под сомнение, в основном из-за отсутствия убедительной концепции КВ. Предполагается, что в металлах КВ сильно тормозится мобильностью свободных электронов. В экспериментальных исследованиях отмечается, что КВ при облучении всех твердых тел может быть ответственным за наблюдаемую эмиссию быстрых ионов с поверхности в начале абляции. Однако основная часть абляции происходит позже. Сопровождается большим количеством удаляемых частиц. В целом абляция соответствует бимодальному распределению частиц и образованию кратера на поверхности мишени.

Использование Z-пинчевых установок позволяет проводить хорошо управляемые и диагностируемые лабораторные эксперименты по исследованию лабораторных взрывов, имеющих скейлинговые параметры, близкие к параметрам взрывов молодых звезд. Это дает возможность наблюдать процессы, недоступные для астрономических наблюдений. Такие эксперименты проводятся на установке ПФ-3 (плазменный фокус, НИЦ «Курчатовский институт»), в которой испущенный плазменный выброс распространяется по пролетной камере сквозь окружающую среду на расстояние одного метра. В полученных результатах экспериментов с гелием наблюдался последовательный выход двух выбросов. Анализ этих результатов позволяет предположить, что после прохождения первого сверхзвукового выброса за ним образуется область с низкой концентрацией, т.н. вакуумный след, благодаря которому последующий выброс практически не испытывает сопротивления окружающей среды и распространяется коллимированно. Проведенное численное моделирование распространения двух выбросов подтверждает эту точку зрения. Используя масштабирующие законы и соответствующее численное моделирование

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>астрофизических выбросов показано, что этот эффект может также иметь значение и для джетов молодых звезд.</p> <p>В рамках платформы Теметос разработан параллельный вычислительный модуль, реализующий разрывный метод Галеркина (RKDG-метод) применительно к решению трехмерных задач газовой динамики. Модуль дополнен учетом радиационного охлаждения плазмы, действия гравитационных сил и неполной ионизации плазмы. Результаты расчета потоков плазмы в диске позволяют использовать данные об излучаемой энергии для построения синтетических кривых блеска. Проведено моделирование аккреционных дисков в катаклизмических переменных, в частности, в системе PHL 1445. Целью моделирования является построение синтетических кривых блеска для наблюдаемых двойных звездных систем и объяснение их характерных особенностей. Расчеты показывают, что существуют режимы, при которых, несмотря на положение истекающей от донора струи в экваториальной плоскости системы, происходит формирование наклонного по отношению к этой плоскости аккреционного диска. Наклон диска влияет на вид синтетических кривых блеска, получаемых путем интегрирования энерговыделения диска, аккретора и донора в направлении наблюдателя. Кривые блеска, соответствующие разным фазам прецессии, объясняют различие в характере затмения в разные дни наблюдений.</p> <p>Разработано программное обеспечение прототипа «электронного полигона», на базе которого производится математическая формализация конфликтной обстановки путем задания фазового пространства состояний сторон конфликта и описания их возможных действий в ходе противоборства. В таком представлении «электронный полигон» применяется для проведения массовых экспериментов в интересах выработки рациональной стратегии поведения каждой из сторон в различных ситуациях. Результаты проекта были отмечены специализированной экспертной группой РФФИ и доложены на президиуме Фонда.</p> <p>Разработана многомасштабная математическая модель очистки воздушной среды сорбентным способом, объединяющая уравнения механики сплошных сред и модели крупных частиц и молекулярной динамики. Проведенные численные эксперименты показали хорошее совпадение с известными теоретическими данными. По результатам работы получены 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.</p>

Построена модель, позволяющая реализовать численную схему расчета выборочной плотности функции распределения нестационарного временного ряда по уравнению Лиувилля. При известных начальном и конечном распределениях, разделенных промежуток времени порядка длины выборки, такая схема нужна для того, чтобы иметь возможность заполнить промежуточные значения возможных траекторий временного ряда. Нетривиальность задачи состоит в том, что выборки нестационарны, в силу чего метод стационарного разложения выборок не отвечает желаемой точности анализа. Доказана корректность применения для этой цели уравнения Лиувилля с подходящей усредненной скоростью микроразволюции с помощью концепции эквивалентных по Чернову усредненных динамических потоков. Этот подход позволил дать интерпретацию средней скорости в уравнении Лиувилля для выборочных функций распределения как скорости, порожденной динамической системой, которая в таком случае может рассматриваться как модель временного ряда. Было доказано, что при построении математического ожидания динамического потока, фигурирующего в уравнении Лиувилля для выборочных функций распределения, не являющегося в общем случае полугруппой, полугруппой является оператор, эквивалентный ему по Чернову. Именно этот оператор и является предельным состоянием конечнократных аппроксимаций подходящего динамического потока, предположительно стоящего за уравнением Лиувилля для нестационарных распределений.

Проведены расчеты предельно достижимых величин давления в устойчивой равновесной плазме ловушек-галатей, в которых удерживающее магнитное поле создается при помощи погруженных в плазму левитирующих проводников с током. Для этого использован код идеальной МГД устойчивости MHD_NX на неструктурных сетках для конфигураций со сложной топологией магнитных поверхностей. Показано, что большие значения бета (отношение газокINETического давления к давлению магнитного поля) до 0,5 достижимы в предложенных мультиполюсных ловушках «Квадромикс» по сравнению с проведенными экспериментами на установках «Гримикс».

Составлена база данных ТЕФИС. Она содержит подробные таблицы термодинамических свойств всех элементов периодической системы с $Z=1 \dots 103$. Диапазон температур $1 \text{ эВ} \dots 40 \text{ кэВ}$, диапазон плотностей $1 \text{ Е-}6 \dots 1 \text{ Е+}6 \text{ г/куб.см}$. Включены таблицы давления, энергии, энтропии, ударных адиабат сплошных и пористых веществ, дебаевского заряда (по которому рассчитываются величины микроскопических электрических полей в плазме, интенсивности и ширины спектроскопических линий и другие оптические свойства плазмы). Эти таблицы рассчитаны на основе оригинальных математических моделей. Модели надёжно верифицированы по разнообразным экспериментам, и во многих аспек-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>тах их физическая точность превосходит мировой уровень. Таблицы базы можно использовать как физическое наполнение газодинамических программ. По таким программам рассчитывают мишени управляемого термоядерного синтеза, мощные газоразрядные лазеры, магнитокумулятивные генераторы сверхсильных токов и полей, излучающие ряды и другие конструкции современной техники. База ТЕФИС размещена в открытом доступе по адресам http://tefis.keldysh.ru и http://tefis.ru.</p> <p>Проведены массовые расчеты оптимальных по топливу или времени полета траекторий космических аппаратов (КА) с двигателем малой тяги, начинающихся с геопереходной или средневысокой орбиты, а заканчивающихся на низкой окололунной орбите. Вариации ключевых характеристик перелета (затрат топлива, времени полета) от положения Луны на орбите и взаимной ориентации начальной орбиты КА и орбиты Луны достигают десятков процентов. Оптимальные по быстрдействию траектории позволяют сократить длительность перелета вдвое, однако требуют до 40-50% больше топлива. Исследование показало, что при раскрутке с геопереходной орбиты КА должен иметь внутреннюю радиационную защиту, так как долгое время движется в приэкваториальной зоне околоземного пространства, где концентрация заряженных частиц максимальна, накапливая при этом большую дозу излучения. Поэтому более предпочтителен старт со средневысокой орбиты. Для микро- и наноспутников такая возможность открывается, например, в случае попутного запуска с навигационными спутниками. Расчеты, выполненные для трех уровней тяговооруженности и удельного импульса, показывают, что для достижения баланса между временем полета и затратами топлива следует выбирать двигатель, обеспечивающий начальный уровень тяговооруженности 0,14–0,15 мм/с².</p> <p>Решена задача поиска начальных данных и дальнейшего поддержания группы из четырех близко летящих спутников, образующих в течение всей миссии правильный тетраэдр. Найдены необходимые и достаточные условия, налагаемые на движение спутников, при которых форма и размер тетраэдра, формируемого спутниками, сохраняются в упрощенной модели движения. Описаны семипараметрические семейства решений. Исследована чувствительность группы к начальным данным движения спутников. Разработана методика построения алгоритма управления относительным движением спутников в группе на основе прямого метода Ляпунова с использованием геометрических характеристик</p>

опорных орбит. Построен алгоритм управления тетраэдральной формацией с учётом особенностей исполнения при использовании сил аэродинамического сопротивления. Показано, что построенное управление способно поддерживать тетраэдр на протяжении от одного до нескольких месяцев.

Приведен результат работы алгоритма, показывающий, что форма (качество на рисунке) тетраэдра, построенного из четырёх спутников, сохраняется при движении группы по орбите.

В рамках задачи развития системы предупреждения об опасных ситуациях в околоземном космическом пространстве (ОКП) создана статистическая модель распределения малоразмерной фракции космического мусора (КМ) в ОКП, образующегося в результате разрушений космических объектов.

С помощью этой статистической модели проведено математическое моделирование эволюции малоразмерной фракции КМ с целью получения общего представления об эволюции и сроке жизни фрагментов КМ размером от 0,01 до 1 мм на орбитах полёта реальных космических группировок и отдельных космических аппаратов. Получена оценка времени существования КМ в зависимости от значения отношения площади космических объектов к их массе. Предложена методика прогнозирования параметров распределения в ОКП фрагментов КМ, образовавшихся в результате разрушения космического объекта. Для более точного прогнозирования указанных параметров разработанная методика использует модели гауссовой смеси распределений для учета нелинейных эффектов. Приведены примеры эволюции малоразмерной фракции КМ в ОКП и определение параметров, характеризующих распределения фрагментов разрушения космических объектов.

Получена специальная форма разложения возмущающей функции двукратно осредненной ограниченной эллиптической задачи трех тел с точностью до четвертой степени включительно относительно малого параметра. Для внутреннего (спутникового) варианта задачи таким параметром является отношение больших полуосей орбит возмущаемого и возмущающего тел. Для внешнего варианта малым параметром служит обратная величина. В полученных выражениях непосредственно выделена зависимость возмущающей функции от долготы узла (именно эта зависимость является препятствием для интегрируемости двукратно осредненной ограниченной эллиптической задачи трех тел). В обоих вариантах задачи проведено качественное исследование двух существующих интегрируемых случаев, отличающихся различной ориентацией орбиты точки нулевой массы по наклонению и долготе узла: плоские и ортогонально-апсидальные орбиты.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>В общем (неинтегрируемом) случае численное решение эволюционных уравнений выполнено с контролем постоянства осредненной возмущающей функции, являющейся первым (и в общем случае единственным) интегралом осредненной эллиптической задачи.</p> <p>Баллистико-навигационное обеспечение управления полётом и выполнения научной программы космического аппарата «Спектр-РГ». В 2020 г. выполнен расчёт шести коррекций, обеспечивающих удержание на квазипериодической орбите в районе либрационной точки L2. Сформирована геометрия орбиты, необходимая для обеспечения условий видимости космического аппарата с отечественных станций слежения. Выполненные работы позволили получить новые данные телескопами ART-XC и eROSITA, установленными на борту космического аппарата «Спектр-РГ», для построения карты Вселенной в рентгеновском диапазоне электромагнитного излучения.</p> <p style="text-align: center;">ФИЦ ИППМ им. М.В. Келдыша РАН</p> <p>Разработан метод построения аппроксимаций и схем произвольно высокого порядка точности, применение которого позволило впервые наблюдать сложную картину возникновения и развития неустойчивости с «прерывистым» появлением волновых пакетов и их последующим ростом.</p> <p>Получены итоговые результаты бифуркационного анализа 2D- и 3D-задачи А.Н. Колмогорова в периодической области, 3D-задачи Релея–Бенара в прямоугольной области, 3D-задачи течения с уступа несжимаемой жидкости, 3D-задачи развития неустойчивостей Релея–Тейлора и Кельвина–Гельмгольца для вязкого идеального газа. Анализ подтвердил развитие неустойчивостей через каскады субкритических и суперкритических бифуркаций предельных циклов, а также двумерных и многомерных торов в соответствии с разработанным в ФИЦ ИУ РАН универсальным сценарием Фейгенбаума–Шарковского–Магницкого (ФСМ) перехода к пространственно-временному хаосу и турбулентности.</p> <p>В рамках развития теоретических подходов и программных средств, необходимых для реализации многомасштабного моделирования в области вычислительного материаловедения, разработана комплексная математическая модель, описывающая аппаратный</p>

аналог реализации нейронной сети с мемристивными элементами на основе оксида гафния (HfO_2) в качестве синаптических весов. Сетевое обучение организовано с использованием правила Хебба и синаптической пластичности (метод Spike-Timing Dependent Plasticity), согласно которому изменение веса нейронных синапсов зависит от разницы во времени между входными и выходными импульсами.

Представлена компактная теоретическая модель и экономичная алгоритмическая схема ее реализации, предназначенные для оперативного цифрового генерирования случайных реализаций волнового фронта оптической волны, прошедшей сквозь прозрачную оптически неоднородную среду и/или неидеальную оптику. Описано и аналитически подтверждено соответствие между реальными и заложенными в единую модель свойствами фазовых и амплитудных искажений, возникающих на вертикальных, горизонтальных и наклонных атмосферных трассах. В модели изопланетных наблюдений реализованы статистическая нормальность и трансляционная инвариантность виртуальной фазы, а также требуемые интервалы пространственной когерентности фазовых искажений и комплексной амплитуды светового поля.

Построена непрерывная динамическая модель разработки газовых месторождений с взаимовлияющими скважинами, на основе которой решены методами оптимального управления задачи на максимум накопленной добычи и на максимум прибыли.

На основе квазипотенциального подхода в квантовой хромодинамике и релятивистской кварковой модели вычислены формфакторы слабых переходов D и Ds мезонов в легкие псевдоскалярные и векторные мезоны, с последовательным и полным учетом релятивистских эффектов.

Предложена модификация известного уравнения состояния воды, позволяющая существенно расширить диапазон применимости этого уравнения состояния и повысить точность получаемых с его помощью результатов расчета термодинамических величин. Основное внимание уделено достижению тех параметров численного моделирования (прежде всего, температуры воды), которые могут быть полезными при синтезе алмаза из графита.

На основе теории топологического анализа данных, методов метрического анализа разрешимости / регулярности / корректности / полноты и методами теории анализа размеченных графов разработаны подходы и алгоритмы для исследования свойств кристаллических и некристаллических материалов, в частности, разработаны и апробированы алгоритмы для прогнозирования свойств высокотемпературных сверхпроводников.

ФИЦ ИУ РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Предложены новые схемы испытаний на сверхмногоцикловую усталость (СВМУ). Рассматривалась проблема разрушения материалов и элементов конструкций при сверхмногоцикловом режиме нагружения. Показано, что многие ответственные элементы конструкций, такие как диски и лопатки газотурбинных двигателей, могут быть подвержены высокочастотному нагружению малой амплитуды, тем не менее приводящему к разрушению в эксплуатации. Подобные эксплуатационные нагрузки являются многоосными и для их изучения требуются специальные нагружающие устройства. Приведен пример расчета установки и образцов для проведения исследований на сверхмногоцикловую усталость при одноосном трехточечном изгибе и при двухосном изгибе. Показано, что при помощи пьезоэлектрических испытательных машин можно добиться разрушения конструкционных материалов в области СВМУ.</p> <p>Проведено численное исследование работы взрывных плазменных генераторов в условиях верхней ионосферы и определение ионизационно-оптических характеристик возмущенных областей. Выполнено всестороннее расширение численных возможностей программы расчета динамики плазменного столба в разреженной ионосфере и оптимизация начальных данных с целью увеличения дальности его распространения в ионосфере. Показано, что при определенном значении удельной энергии плазмы значительная её часть рекомбинирует. Это, во-первых, дает дополнительный вклад в её кинетическую энергию, во-вторых, на образующуюся в результате рекомбинации нейтральную составляющую не действует геомагнитное поле, что увеличивает дальность распространения столба и увеличивает его возможное практическое применение. Показано, что в области распространения столба существенно повышается ионизация среды, поэтому, учитывая мобильность плазменной пушки, можно использовать её для помехового сбоя локационного или радиолуча. Получены новые результаты по поверхностному разрушению оптических свойств аморфных и кристаллических тел.</p> <p>Лазеры с ультракороткими импульсами имеют широкое промышленное применение, в особенности, в высокотехнологичных отраслях. Наиболее востребованные и современные приложения включают в себя лазерное упрочнение материалов, лазерную абляцию в жидкость, аддитивные технологии и лазерное структурирование поверхностей материалов. Эти и другие важные области применения лазерных технологий объединяет общий</p>

принцип: существенная часть лазерного воздействия на вещество вызывается сгенерированной в результате нагрева ударной волной. Для математического моделирования затухания лазерно-индуцированной ударной волны в объемной металлической мишени использовалась модель, основанная на решении двумерных уравнений Эйлера. На примере облучения алюминиевого образца размерами 2000х500 нм на сетке 2000х500 ячеек произведено гидродинамическое прямое численное моделирование распространения индуцированной лазером ударной волны в металле. Исследованы стадии сначала плоского, затем квазиполусферического распространения волны и дальнейшего затухания ударной волны в мишени.

Проведено численное моделирование параметров двухфазной паровой системы при её течении в канале и разработка устройства по измерению сухости пара. Существует широкая область применения пара в теплоэнергетике, промышленности, при производстве стройматериалов, в нефтедобыче и нефтехимии. В связи с этим актуальным является вопрос сохранения и контроля сухости пара при его транспортировке по трубопроводам. Существующие в настоящее время подходы и оценки течения двухфазной пароводяной смеси в канале носят сугубо эмпирический характер и адаптированы к крупномасштабным системам. По данной теме были выполнены подробные теоретические исследования поведения температуры и процессов конденсации пара при движении в канале. Разработана численная методика решения моментных уравнений, полученных на основе функции распределения частиц конденсата по радиусу и его плотность по сечению канала, что позволило разработать оригинальную схему конструкции для измерения сухости пара.

На основе газодинамической модели разработана численная методика для изучения пространственного нестационарного движения вещества в газовых астрофизических объектах. На ее основе проведено моделирование неустойчивости, возникающей в аккреционном диске на границе с нейтронной звездой. Осуществлена визуализация возникающего движения. Эволюционные расчеты основаны на параллельных алгоритмах, реализованных на многопроцессорных суперкомпьютерах кластерной архитектуры.

В ходе вычислительного эксперимента на основе физической теории метеоров исследованы необычные траектории полета крупных метеорных тел в атмосфере Земли, отличающиеся от стандартных траекторий «звездопалада». Показано, что в некоторых случаях вторжение космических тел в атмосферу не обязательно завершается их падением на Землю, или взрывом в атмосфере, а при малых значениях углов входа в атмосферу (менее 9 град.), тела могут пролететь несколько тысяч километров сквозь атмосферу и вновь уйти в космическое пространство, чему способствует кривизна земной поверхности. Вы-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>числены конкретные значения критических углов входа при варьировании параметрами метеороидов – баллистическим коэффициентом и коэффициентом аэродинамического качества – для реализации режима их движения по таким пролетным траекториям. Проанализированы также сложные траектории полета метеорных тел с чередованием стадий нисходяще-восходящего движения. Если скорость тела на восходящем участке траектории будет превосходить вторую космическую, то произойдет его улет в космическое пространство, в случае значительной потери скорости в атмосфере – «запаздывающее» выпадение на земную поверхность.</p> <p>С помощью численных расчетов сделана попытка проанализировать некоторые эффекты, выявленные в ходе исследования Тунгусского феномена 1908 г. Так, если Тунгусское тело являлось крупным метеороидом, вторгнувшимся в атмосферу Земли под малым углом к горизонту, то траектория его движения в ней вполне могла оказаться пролетной. При входе в плотные слои атмосферы в результате взрыва тело, по-видимому, распалось на фрагменты в перигейной точке траектории, вызвав обширный вывал леса воздействием интенсивных ударных волн. Фрагменты, образовавшиеся в результате взрыва, частично сгорели в атмосфере, частично рассеялись вдоль траектории полета далеко от эпицентра взрыва, а наиболее крупные из них могли уйти обратно в космическое пространство, либо выпасть на значительном расстоянии от эпицентра взрыва. Такой сценарий позволяет объяснить непонятные результаты «предполагаемого места падения», исследованного многими экспедициями: отсутствие кратера и каких-либо материальных остатков вещества метеорного тела в окрестностях вывала леса.</p> <p>Получены результаты численного и экспериментального определения аэродинамических характеристик лобового экрана, анализа вихревой структуры течения в донной области и ближайшем следе экрана при свободном его падении с дозвуковой скоростью после отделения от основной конструкции посадочного аппарата «ЭКЗОМАРС» на поверхность планеты.</p> <p>Изучена проблема разрушения базиса пластиночного протеза под действием жевательной нагрузки. Задача решалась в 3-х мерной постановке с неоднородными граничными условиями. Взаимодействие протеза со слизистой оболочкой протезного ложка задавалось как упругое основание с неравномерным распределением податливости. Же-</p>

вательная нагрузка моделировалась поэтапно: от момента откусывания (максимальная нагрузка на резцы), разрыва пищи (нагрузка на резцы) до последующего пережевывания (нагрузка на премоляры и моляры). Был рассмотрен предельный случай максимальной нагрузки с усилием в 100 Н. Проведен анализ влияния высоты турса на НДС базиса протеза. Показано, что интенсивность напряжений в значительной степени зависит от выраженности турса. При вариации с отклонением в 5 мм было показано, что различия в интенсивностях может достигать 30 %, что для циклического режима нагружения является критическим. Так же показано значительное влияние выреза под уздечку на процесс зарождения усталостной трещины.

ИАП РАН

Разработаны графовые модели лимфатической системы человека. Изучены топологические характеристики анатомического и алгоритмического графов лимфатической системы.

Разработана агентная модель распространения респираторных вирусных инфекций в городе.

На основе совместной модели термосферы и ионосферы исследованы физические процессы, ответственные за формирование экваториальной аномалии в ионосфере.

Проведено исследование проблемы параметризации процессов подсеточных масштабов для LES-моделей двумерных турбулентных течений. Предложены смешанные динамические модели подсеточной двумерной турбулентности, способные корректно воспроизводить прямой каскад энтропии и обратный каскад кинетической энергии.

Разработана численная модель гидродинамики Северного Ледовитого океана с блоком морского льда и процедурой четырёхмерного вариационного усвоения данных температуры и солёности.

С климатической моделью ИВМ РАН проведены ансамблевые расчеты по прогнозированию аномалий погоды зимних сезонов и оценено качество их воспроизведения.

Реализована линеаризованная трехмерная модель атмосферы на сетке «кубическая сфера» с квазиравномерным разрешением.

ИВМ им. Г.И. Марчука РАН

Исследовано равновесие Вардропа в транспортной системе с рациональными пассажирами двух типов. Одни пассажиры минимизируют сумму денежных затрат и время в пути при выборе маршрута, в то время как пассажиры второго типа выбирают маршрут с

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>минимальным временем в пути. Найдены условия существования равновесия, определены равновесные потоки, цены и прибыль фирм в каждом сценарии и проведен сравнительный анализ внешних параметров, характеризующих перевозчиков, маршруты и неоднородность потока пассажиров.</p> <p>Рассмотрены теоретико-игровые модели выбора с различной степенью информированности участников сообщества. Найдены оптимальные стратегии и выигрыши игроков для задач с полной и неполной информацией о значениях объектов для выбора, а также постановки с неточными наблюдениями.</p> <p>Исследована методика разложения многопикового спектра термодесорбции водорода на элементарные реакции (в терминах усредненной объемной концентрации). Показано, что методика дает хорошие приближения не только для энергий связи захваченного в объеме водорода, но и для энергий активации физико-химических процессов десорбции, диффузии, разложения гидридной фазы (или оксида на поверхности) в их динамическом взаимодействии.</p> <p>Разработана модель динамики вод, льда и экосистемы вод и льда для Белого моря. Определено влияние ледяной экосистемы на пелагическую систему. Произведено районирование Белого моря по данным численного моделирования и данных <i>in situ</i>.</p> <p>Проведен качественный анализ шумпетеровской нелинейной динамики при наличии амортизации. Найдено притягивающее множество, захватывающее все траектории системы. Доказана глобальная устойчивость равновесия в двумерном случае.</p> <p>Построена модель динамики оптимального фуражирования в двухвидовой системе. Найдено равновесие по Нэшу и проведено качественное исследование соответствующих оптимальных траекторий. Исследовано влияние неполноты информации на принятие решения при выборе популяцией оптимального участка, содержащего энергетические ресурсы. Построены функции полезности, входящие в распределение Большмана, учитывающие влияние времени на меру информации об участках. На основе полученных результатов построена модель динамики миграции населения между регионами РФ.</p> <p style="text-align: right;">ИПМИ КарНЦ РАН</p>

Предложена классическая модель нейтрона на основе спэннорного представления конформной группы. В рамках многоуровневой модели кварк-глюонной среды, используя подход Вигнера-Сигала к элементарным частицам и модифицируя схему Хана-Намбу, предложено рассматривать электрический заряд протона как частный случай целочисленных цветовых зарядов кварков. При этом дробные электрические заряды кварков интерпретированы как получающиеся среднестатистически.

ИСИ им. А.П. Ершова СО РАН

В настоящее время в нефтегазовой отрасли начинает активно применяться метод Акустической Эмиссии (АЭ) для изучения свойств ядерного материала. Цель исследования заключается в оценке параметров, которые должны быть заложены при создании отечественной измерительной системы сбора данных акустической эмиссии и разработке прототипа программного обеспечения для моделирования процесса АЭ на реальных образцах зерна стандартного размера. Был реализован метод зеркального обращения времени для локализации и определения момента «включения» источников акустической эмиссии на основе вычисления «накопленной» упругой энергии. Важной особенностью предложенной методики является её устойчивость по отношению к шумам и высокая разрешающая способность, обеспечивающая возможность определения оптимальной геометрии приёмников при проектировании.

Для решения ряда задач анализа и оптимизации беспроводных самоорганизующихся сетей предложены новые методы, основанные на теории телеграфика, исследовании операций, теории графов, имитационном моделировании. Разработанные математические и программные средства, в отличие от ранее предложенных подходов, позволяют оптимизировать функционал сетевых узлов и протоколов при наличии интерференции, нестационарной топологии сети, и конфликтующих целевых функций. Также обобщены серьезные недостатки нескольких существующих математических моделей, используемых для анализа данных сетей, предложены способы устранения указанных недостатков. Комплекс полученных методов позволяет повысить эффективность систем мониторинга промышленных и природных процессов, сетей VANET, технологий Интернета вещей.

Для анализа эволюции многолетнемерзлых пород (ММП) и зоны стабильности гидратов метана арктического шельфа и оценки их современного состояния необходимо построение палеогеографических сценариев развития климатических условий в регионе. Между имеющимися реконструкциями температуры для ледниковых циклов плейстоцена имеются значительные количественные различия. Получены оценки чувствительно-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>сти результатов численного моделирования термического состояния многотлетнемерзлых грунтов к неопределенности палеоклиматических реконструкций температуры воздуха и уровня океана с использованием модели теплофизических процессов в грунте с учетом фазовых переходов. Неопределенность, связанная с выбором данных климатических палеорекострукций, в терминах современной глубины нижней границы многотлетнемерзлых грунтов на шельфе, может достигать нескольких десятков метров. Несмотря на заметные различия между используемыми наборами данных, коэффициент неопределенности отклика мощности многотлетнемерзлого слоя и зоны стабильности метангидратов составил менее 0?3 за исключением изолированных интервалов времени и/или наиболее глубоких областей шельфа.</p> <p>Объяснение эффекта возникновения мгновенного вступления при землетрясениях. В последнее время в периоды формирования очаговых структур крупных сейсмических событий и в момент начала землетрясения (главного толчка) современные измерительные системы фиксируют «мгновенное» возмущение, предвещающее Р-волны в точке наблюдения. Данный эффект в западной литературе объясняется возникновением гравитационных волн Эйнштейна, распространяющихся со скоростью света.</p> <p>Известные уравнения сейсмогравитации сводятся к уравнению Клейна-Гордона (КГ). Получено новое аналитическое решение уравнения КГ в резонансной области. Оно состоит из двух слагаемых. Первое – это мгновенное сейсмогравитационное возмущение; второе – сейсмогравитационная волна, распространяющаяся со скоростью сейсмического процесса (со скоростью Р-волн). Видно возникновение мгновенного вступления при $t=0$. То есть получено рациональное объяснение этого эффекта в рамках известных моделей сейсмогравитации, в параметры которых скорость света не входит.</p> <p>Новая физика явления открывает возможность повышения надежности предсказания крупных сейсмических катастроф с помощью регистрации длиннопериодных сейсмогравитационных возмущений, которые возникают гораздо раньше прямой Р-волны.</p> <p style="text-align: center;">ИВМиМГ СО РАН</p> <p>Построены математические модели геофизических процессов, в том числе для функции распределения по массам капель и ледяных частиц с учетом микрофизических про-</p>

цессов в конвективных облаках и модель восстановления электрического поля после грозных разрядов.

ИПМА КБНЦ РАН

На основе метода Монте-Карло изучены различные свойства для: двумерной примесной модели Поттса на квадратной решетке (числом состояний спина $q=4$ и $q=5$), ферромагнитной двумерной модели Поттса на треугольной и гексагональной решетках (число состояний спина $q=4$); антиферромагнитные модели Гейзенберга на кубической решетке, четырехвершинная модель Поттса на гексагональной решетке.

Получена уточненная и более общая математическая модель развития популяций с учетом случайностей и запаздываний. Проведен спектральный анализ временного ряда условной накопленной сейсмической энергии, полученного методом экстраполяции энергии на основе данных каталогов сейсмических событий и отражающего напряженно-деформированное состояние земной коры в пределах исследуемой территории. Разработан алгоритм и программа для количественной оценки надежности геохимических предвестников землетрясений.

Дагестанский ФИЦ РАН

Разработаны усовершенствованная методология и программные средства моделирования и многокритериальной оптимизации процесса вакуумной инфузии в производстве крупногабаритных композитных конструкций с корректным учетом явлений изменения проницаемости пористой преформы при движении фронта связующего, термомеханики, вызванной его полимеризацией, теплофизических процессов, с разрабатываемой модели изменения вязкости связующего с температурой и степенью полимеризации, что обеспечивает сокращение времени и повышения качества дизайна технологии, стабильность, требуемые показатели качества ответственных композитных конструкций, и широкое внедрение малозатратной инфузионной технологии в отечественные отрасли авиа-, судо-, автомобилестроения.

ЮНЦ РАН

Средствами компьютерной математики решена краевая задача для дифференциального уравнения для изотерм поверхностного натяжения двойных систем. С помощью математического пакета Maple разработана компьютерная программа и в качестве апробации проведены расчеты изотерм поверхностного натяжения некоторых двойных систем, по

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>которым имеются опытные данные. Дан сравнительный анализ полученных теоретических значений с наиболее надежными экспериментальными данными. КНИИ им. Х. И. Ибрагимова РАН</p> <p>Решена задача о восстановлении траектории движения вращающегося реза (конической формы и цилиндрической формы) для получения заданной поверхности сложной формы. В частности, указан способ распознавать поверхности, для которых такая процедура возможна, на основе использования дифференциального уравнения специального вида. Приложением является решение инженерной задачи об изготовлении деталей сложной криволинейной формы, в том числе, рулей и турбин. ИППИ РАН</p>
	<p>Разработана математическая модель и параллельный вычислительный алгоритм для моделирования процессов сверхзвукового смешения и горения. Модель базируется на RANS и DES подходах и SA модели турбулентности, для интегрирования по времени применяется гибридная схема с использованием LU-SGS-GMRES алгоритма. Валидация модели проведена на задаче о сверхзвуковом горении водородо-воздушной смеси в модельной камере сгорания. Для моделирования горения использовали детальный кинетический механизм. Разработана математическая модель и вычислительный алгоритм для моделирования воспламенения и горения высокоплотных зарядов конвективного горения. Для плотного заряда показано, что прогрев пленки и иницирование её пиролиза происходит за счет теплообмена со сжатым газом внутри заряда воздушном. Газы от воспламенителя проникают только внутрь небольшой части высокоплотного заряда. Процесс иницирования пиролиза сопровождается снижением температуры газа и интенсивности теплообмена, что приводит к задержке процесса воспламенения пороховых элементов.</p> <p>Получена численная модель зоны диффузной границы с двумя контролирующими ширину зоны параметрами на основе уравнения Кана-Хилларда. Проведен анализ зависимости численных решений (размера зоны интерфейса) от контролирующих параметров. Проведены расчеты некоторых тестовых задач, которые показали заметное улучшение разрешения межфазных границ при использовании модели с уравнением Кана-Хилларда</p>

да. Проанализированы волновые явления в геологических породах, возникающие в результате воздействия ударной волны от сверхзвукового самолета на поверхность Земли. Метод численного моделирования этих волновых явлений путем постановки N-образной плоской волны в воздухе в качестве начального условия был предложен и обоснован. Предложен метод определения скорости и высоты полета сверхзвукового летательного аппарата на основе анализа генерируемых типов волн и характеристик сейсмограмм для каждого из этих типов волн.

Разработано аналитическое УС реального газа для азота, применимое в широком диапазоне плотности (от 0 до значения в тройной точке) и температуры (от 100 до 5000 K), включающем однофазные состояния жидкости и газа, двухфазное состояние жидкость – газ и состояние сверхкритического флюида. Полученное УС внедрено в газодинамическую программу для расчета многомерных турбулентных течений. Проведены расчеты истечения плотной затопленной турбулентной струи криогенного азота в камеру, заполненную азотом при нормальной температуре и давлении 3,98 МПа. Проведено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными по изменению плотности вещества в струях криогенного азота начальной сверхкритической температуры (126,9 и 137 K). Получено удовлетворительное согласие результатов. Разработанное УС позволяет разделять области жидкости и газа по локальным мгновенным значениям плотности и температуры в струе без применения модели двухфазного течения.

ФНЦ НИИСИ РАН

Решена задача о тепловом потоке в одномерной полубесконечной цепи гармонически связанных осцилляторов при максвелловском распределении начальных скоростей и нулевых начальных смещениях частиц цепи. Получены точные формулы для корреляционных функций состояний цепи, ее локальной температуры и локального теплового тока. В рамках неевклидовой модели сплошной среды, для которой условие совместности Сен-Венана для деформаций не выполняется, получено уравнение для функции напряжений. Показано, что поле внутренних напряжений складывается из классического поля упругих напряжений и поля напряжений, параметризованного через функцию несовместности. Неевклидова модель континуума применяется для описания внутренних остаточных напряжений в образцах. Метод рангового анализа применяется для формальных языков на примере исходных кодов программ на языке Java. При описании технологии составления частотных словарей внимание акцентировано на том, как учитывается наличие анафорики в компьютерных программах. При обсуждении результатов отмече-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>но, что структурным компонентам программ различного назначения соответствуют определенные области графика зависимости ранга от частоты встречаемости лексем.</p> <p>Исследуется эволюция парогозового пузырярка, образующегося на поверхности накопника оптического волокна. Предлагается объяснение природы кумулятивной струи, образующейся при схлопывании пузырярка, и даны оценки его скорости.</p> <p>Предлагается метод выделения и распознавания информации на топографическом плане. Метод используется для распознавания текстовых символов и других условных обозначений на черно-белом изображении в условиях его сильной зашумленности.</p> <p>Выполнено аналитическое моделирование полей тензоров конечных деформаций в окрестности точек разрыва пластических течений. Установлена связь тензоров с разрушением материалов в технологических процессах изготовления и эксплуатации конструкции.</p> <p>На основе анализа начально-краевой задачи для модели радиационно-кондуктивного теплообмена изучаются тепловые процессы, возникающие при внутривенной лазерной абляции. Ставится задача оптимального управления, заключающаяся в приближении решения начально-краевой задачи к заданному температурному профилю в определенной точке модельной области. В качестве управления берутся мощности источника, идущие на излучение и нагрев карбонизированного наконечника оптоволоконка. Предложен и численно реализован итерационный алгоритм решения поставленной задачи.</p> <p>Построена математическая модель системы массового обслуживания с пуассоновским входным потоком меняющейся интенсивности, детерминированным временем обслуживания и без ожидания в очереди. Показано, что в любой момент времени случайное число заявок в системе имеет пуассоновское распределение, вычислена зависимость параметров этого распределения от времени. Рассмотрены обобщения построенной модели.</p> <p>Рассчитан коэффициент линейной регрессии и его дисперсия, если моменты наблюдения образуют арифметическую прогрессию или пропорциональны некоторой степени числа наблюдений. Доказано, что дисперсия оценки тренда в этом случае уменьшается как некоторая степень длины ряда наблюдений, что дает возможность оценить эффективность неразрушающего контроля за запасом прочности технической системы.</p>

Разработана и апробирована методика перераспределения регионального финансирования, основанная на классификации районов отдельно взятого региона по степени эффективности, которая осуществляется на основе сравнительного анализа произведенного блага к затраченным ресурсам с поправкой на географические особенности. Определены псевдоэффективные районы, которые отличаются низкой эффективностью и расточительностью ресурса при достижении высоких показателей.

Проведено теоретическое и численное исследование обратных задач теплопроводности в неоднородной твердой среде, возникающих при проектировании концентраторов потока тепла. Предполагается, что тепловой концентратор имеет форму круговой оболочки, состоящей из конечного числа секторов. Указанные задачи проектирования заключаются в оптимальном выборе коэффициентов теплопроводности секторов оболочки для создания эффектов концентрирования и тепловой маскировки. На основе методов глобальной оптимизации разработан численный алгоритм решения задач дизайна искомого оболочки и проведено большое число вычислительных экспериментов для определения наиболее эффективных концентраторов потока тепла. Анализ полученных результатов позволил описать широкое множество легко реализуемых на практике физических устройств, обладающих наивысшей в классе рассматриваемых оболочек эффективностью.

В рамках математической модели, описывающей процесс переноса излучения в рассеивающей среде, инициированный импульсным точечным изотропным источником, исследована обратная задача, заключающаяся в нахождении диффузно отражающей кривой по двум интегральным условиям переопределения решения уравнения переноса. В приближении однократного рассеяния получено нелинейное дифференциальное уравнение для функции, описывающей форму искомой кривой. Проведён численный анализ устойчивости решения обратной задачи при возмущении исходных данных.

На основе интегро-дифференциального уравнения переноса излучения в работе построена модель импульсного облучения неоднородной рассеивающей среды и проведён численный анализ применимости приближения однократного рассеяния при нахождении коэффициента объемного рассеяния по временно-угловому распределению плотности потока излучения в заданной точке пространства. Результаты численных экспериментов показали, что приближение однократного рассеяния применимо при высокочастотном акустическом зондировании морской среды на дальности порядка ста метров. Для больших областей указанное приближение в лучшем случае дает лишь качественное представление о структуре среды, не позволяя определить количественные оценки коэффициента объемного рассеяния.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Выполнено математическое моделирование очага землетрясения на основе данных о косейсмических смещениях, зарегистрированных на прибрежных пунктах наблюдений по данным Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и сделан вывод о целесообразности использования ГНСС-данных в работе служб предупреждения о цунами. На основе проведенных численных экспериментов получены оценки точности и надежности определения параметров для внутритипитных землетрясений с магнитудой 7–8 в зависимости от магнитуды, количества и взаимного расположения ГНСС-станций. Показано, что определение по ГНСС-данным всех основных параметров модели очага землетрясения и положение поверхности разрыва для магнитуд 7.4 и выше вполне возможно.</p> <p>На основе численного моделирования и теоретического анализа предложен и обоснован механизм образования микроструи нагретой жидкости на конце оптоволокнуна, через которое подается лазерное излучение. Данное исследование, подтвержденное экспериментальными данными, имеет важное значение для развития новых методов лазерной хирургии, позволяющие выполнять хирургические операции практически на любых участках тела, в том числе внутри кровеносных сосудов, без термического повреждения тканей.</p> <p>Исследован процесс зарождения скирмионов при увеличении внешнего магнитного поля, выделены различные фазы, в которые переходит спиновая система Гейзенберга. Построена фазовая диаграмма, показывающая поведение системы при постоянном значении температуры в зависимости от значений внешнего магнитного поля и взаимодействия Дзялошинского-Мория.</p> <p>В работах изучена зависимость энергии связи атомов углерода в нанотрубках от величины диаметра трубок. Для вычисления энергии связи использовался полноразмерный безорбитальный метод моделирования, развитый нами в рамках теории функционала плотности. Исследованы нанотрубки конечной длины с открытыми концами типа «кресло» (armchair). Полученные результаты хорошо согласуются с многочисленными экспериментальными данными.</p> <p style="text-align: right;">ИПМ ДВО РАН и Хабаровское отделение ИПМ ДВО РАН</p>

Построена математическая модель трубопровода, как моментной оболочки Конгера-Власова с линиями излома поверхности в местах соединения сегментов трубы. Найдены геометрические параметры механической системы, как трехмерного упругого тела и как оболочки; выведены уравнения равновесия трубы, как оболочки Конгера-Власова; наложены и обоснованы условия сопряжения на линии стыка труб для перемещений и угла поворота нормали, условия сопряжения для изгибающих моментов, сдвиговых усилий, поперечных и нормальных усилий. Теоретические расчеты и численные эксперименты показали наличие особенности решения в точках на линии соединения сегментов трубы.

Для замыкания задачи русловой устойчивости Энгелунда-Фредсо определено значение фазового сдвига между расходом влекомых наносов и максимумом придонных касательных напряжений, возникающих в турбулентном гидродинамическом потоке при обтекании им пологих периодических донных волн малой крутизны. Выполнен анализ зависимости фазового сдвига для донных волн малой крутизны от геометрических и физико-механических параметров задачи. Установлена закономерность, связывающая длину донных волн с глубиной потока.

Построена стохастическая модель взаимодействия двух поездов на участке железной дороги. Предположено, что второй поезд движется быстрее первого и сближается с ним до минимального безопасного временного интервала, после чего скорости двух поездов становятся равными. Найдена форма зависимости вероятностного распределения отклонения момента прибытия от расписания второго поезда на конечную станцию от распределений двух случайных величин: отклонения от расписания при отправлении и времени хода по участку. Проанализирован случай, когда время хода имеет бимодальное распределение. В свою очередь бимодальные распределения смоделированы посредством смесей известных распределений. Проведена проверка адекватности модели реальным статистическим данным.

Построена стохастическая модель взаимодействия двух поездов в условиях, когда первый из поездов совершает незапланированную остановку случайной длительности. Рассмотрены примеры двух типов, когда время хода имеет унимодальное распределение и бимодальное.

Построена стохастическая модель движения поезда по заданному маршруту, состоящему из нескольких промежуточных станций. В рамках модели доказана формула момента прибытия на $i+1$ -ю станцию в зависимости от совместного распределения двух случайных величин: момента отправления с i -й станции и времени хода между этими

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>станциями. В двух крайних случаях: когда эти величины независимы, и когда они линейно зависимы, получены следствия из найденной формулы. Проведено сравнение модели с реальной статистикой на РЖД.</p> <p>Исследованы атомная структура и морфология наночастиц оксида церия, полученных с помощью лазерной абляции. Методом функционала плотности рассчитано изменение параметра элементарной ячейки наночастиц оксида церия в зависимости от их размера. Анализ распределения плотности заряда показывает, что атомы церия имеют разные структурные положения.</p> <p>Выполнен расчёт поправочного коэффициента к формуле закона Стокса для случая движения сферического тела в трубках, заполненных глицерином. Получена интерполяционная формула для определения величины поправочного коэффициента для движения в средах с малыми значениями чисел Рейнольдса.</p> <p>Методом асимптотической теории экстремальных значений проведено моделирование рисков возникновения больших паводков на Нижнем Амуре. Получены аналитические выражения для функций распределения вероятностей генеральных совокупностей уровней Амура за весь период наблюдений (1896–2016 гг.), а также за периоды первоначального слабого (1896–1960 гг.) и современного интенсивного (1961–2016 гг.) хозяйственного освоения территории Приамурья. Установлено, что в современный период риск формирования высоких паводков уменьшился примерно в два раза, а средние интервалы их повторяемости возросли в два раза по сравнению с предшествующим периодом.</p> <p>Получены математические модели влияния степени закрутки воздушного потока в дутьевых горелочных устройствах на концентрацию образующихся оксидов азота и уровень создаваемого шума. Показано, что с увеличением степени закрутки воздушного потока возрастают выбросы оксидов азота и уровень создаваемого шума. Это связано с тем, что сильная закрутка воздушного потока приводит к уплотнению и уменьшению длины факела, появлению шума пламени и, как следствие, к повышению уровня звукового давления и увеличению выбросов оксидов азота.</p> <p>Исследовано выявление эффективного использования импульсной и изобарной системы выпуска с точки зрения потерь работоспособности газов при движении энергетического потока от цилиндров до турбины при форсировании поршневого двигателя по</p>

среднему эффективному давлению. Существующие системы газотурбинного наддува не имеют чёткой области использования в зависимости от среднего эффективного давления. Получены результаты расчётов импульсной и изобарной систем выпуска двигателя Caterpillar 3508C в зависимости от уровня форсирования по среднему эффективному давлению с использованием метода характеристик, квазистационарного метода и экспериментального метода.

Разработана математическая модель и проведено численное моделирование процесса распространения азота в аммонийной, нитритной, нитратной формах в реке. Численные эксперименты проведены в различные времена года, а именно в летний (неограниченное количество кислорода для химических реакций) и зимний (недостаток кислорода для непрерывных химических реакций) периоды.

Проведено численное моделирование процессов формирования и развития интенсивной конвекции, вызвавшей смерч в Благовещенске 31 июля 2011 г. Для моделирования использована негидростатическая модель WRF-ARW. Установлено, что образование смерча было вызвано вихрем мезомасштаба, ассоциированным с квазилинейной конвективной системой, на высоте 700–900 м. Модельный смерч сформирован в области действия мезовихря. Основной вклад в увеличение вертикальной скорости в смерче внесено действием сил возмущения давления и плавучести, а в завихренность – горизонтальной адвекцией. Время, местоположение и интенсивность модельного смерча незначительно отличаются от реальных.

Разработан регрессионный метод прогнозирования урожайности сои для отдельно-го муниципального образования, где в качестве независимых переменных учитываются данные дистанционного зондирования Земли, а также климатические характеристики региона. Для решения поставленной задачи на экспериментальных полях была смоделирована структура распределения сельскохозяйственных культур по пахотным площадям Хабаровского района. Построены аппроксимирующие функции, имитирующие сезонный ход по маске пахотных земель Хабаровского района, модели пахотных земель, сои и остальных культур. Установлено, что график аппроксимирующей функции по модельным полям соответствует графику аппроксимирующей функции пахотных земель. Описанный подход может применяться для разработки регрессионной модели прогнозирования урожайности сои любого региона южной части российского Дальнего Востока.

Предложена оригинальная трехмерная модель динамики свободной поверхности, линии трехфазного контакта (ЛТФК) и динамического контактного угла в переменных Лагранжа для численного решения краевых задач смачивания и растекания. Показано, что

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>классическая гидродинамическая модель имеет сингулярность на ЛТФК, приводящая к численной неустойчивости решения. Для устранения особенности решения предложена модель трения-скольжения в окрестности ЛТФК, включающая два диссипативных механизма на твердой стенке и ЛТФК, которые зависят от скорости ее движения, физико-химических свойств поверхности и основных параметров течения. С использованием вариационной формулировки задачи и молекулярно-кинетической модели динамического контактного угла Блэка предложен эффективный и устойчивый алгоритм решения уравнений гидродинамики со свободной границей в условиях смачивания и растекания.</p> <p style="text-align: center;">ХФИЦ – ВЦ ДВО РАН</p>
4. Высокопроизводительные вычисления	<p>Разработана новая версия системы автоматизированного распараллеливания SAPFOR (System FOR Automated Parallelization), которая объединяет различные подходы, направленные на автоматизацию программирования и дает возможность пользователю принимать активное участие в процессе распараллеливания программы. Распараллеливание выполняется в модели DVMN, что позволяет разрабатывать эффективные параллельные программы для гибридных вычислительных кластеров. Систему SAPFOR можно условно разделить на три части: ядро системы, отвечающее за анализ, преобразование и распараллеливание программы; средства динамического анализа программы; средства интерактивного взаимодействия с пользователем.</p> <p>В ядре системы были реализованы новые преобразования, необходимые для эффективного отображения программ на параллельные ЭВМ: замена массивов структур на отдельные массивы для каждого члена структуры, рекурсивное клонирование функций, замена вызовов исходной функции на вызовы преобразованной функции и др.</p> <p>Новая версия динамического анализатора опирается на инструментацию программы на уровне LLVM IR и позволяет выполнять выборочную инструментацию программы, не теряя при этом полностью проводимого анализа.</p> <p>В подсистеме интерактивного взаимодействия с пользователем разработан механизм для удобного задания дополнительных свойств программ и управления преобразованиями программы, выполняемыми на уровне исходного кода.</p>

Новые возможности системы SAPFOR позволили ускорить процесс разработки ряда прикладных программ. Например, программы для численного моделирования развития гидродинамических неустойчивостей (Си/Cи++) и программы для исследования процесса наполнения плазмой расширенного реакторного отсека (Фортран).

На основе анализа потоков данных численного метода решёточного уравнения Больцмана (LBM) разработана новая компактная схема переноса. Уникальным свойством схем этого класса является локализация вычислений внутри изолированных групп ячеек. На каждом шаге по времени вся d-мерная расчётная сетка разбивается на группы по 2d ячеек, обновление каждой группы происходит независимо от других, что позволяет в реализациях достичь предельной асинхронности без гонки данных. Схема согласована с локально-рекурсивными нелокально-асинхронными алгоритмами класса ConeFold, что позволяет достичь недоступной ранее вычислительной интенсивности. Вычислительные ядра, основанные на данных алгоритмах, реализованы для CPU, GPU и гибридных систем, и во всех случаях показали рекордную для выбранных конфигураций компьютера производительность LBM D3Q7-D3Q27. Компактная схема расширяется на другие численные методы вычислительной гидродинамики, сформулированные в терминах потоков.

ФИЦ ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Проведено численное моделирование воздействия термически стратифицированного источника энергии на головную ударную волну и аэродинамические характеристики тела. Получено множественное проявление неустойчивости Рихтмайера-Мешкова, разрушающее фронт головной ударной волны и формирующее новый много вихревой механизм воздействия на тело. Достигнуто практически полное разрушение ударной волны в рабочей камере, а также головной ударной волны в поле плотности. Показана возможность получения локальных зон высокой энергии и температуры за ударной волной со значениями, которые в несколько раз превышают эти значения для однородного источника энергии с такой же полной энергией. Представлены результаты получения с использованием высокопроизводительных параллельных вычислительных систем и соответствует современному мировому уровню научных исследований по направлению удаленного энергетического управления высокоскоростными потоками.

С использованием вариационного метода построения квазиизометрических отображений разработан параллельный алгоритм построения адаптивных подвижных сеток,

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>продемонстрировано качество его работы, эффективность и масштабируемость с использованием MPI при использовании до 1000 вычислительных ядер. Полученные результаты внедрены в оборонной промышленности, в частности они используются при проектировании изделий в Военно-промышленной корпорации «НПО Машиностроения».</p> <p>Разработаны алгоритмы решения задачи построения допустимого многопроцессорного расписания в условиях неопределенности, при наличии неоднородных ресурсов, а также с использованием параллельных вычислений. Разработаны численные методы аппроксимации множества Парето на основе универсальной процедуры, не требующей дополнительных предположений о критерияльных функциях и характере допустимого множества. Полученные результаты могут быть использованы при разработке вычислительных систем реального времени и при проектировании бортовых систем.</p> <p>Предложен алгоритм поиска глобального экстремума при интервальных ограничениях на параметры задачи. Метод не предоставляет гарантий оптимальности в отличие от детерминированных алгоритмов глобальной оптимизации. Метод программно реализован и применен для решения практической задачи поиска минимума энергии фрагмента плоской кристаллической решетки. Результаты численного эксперимента показали существенное преимущество предложенного способа выбора стартовых точек по сравнению с псевдослучайным. Решение задач одномерной оптимизации может выполняться независимо от масштаба задачи. Поэтому описанный алгоритм хорошо подходит для использования параллельных и распределенных вычислений для ускорения работы.</p> <p style="text-align: center;">ФИЦ ИУ РАН</p> <p>На основе консервативной численной методики на суперкомпьютерах параллельной архитектуры осуществлено моделирование и анализ аэродинамического и теплового воздействия на посадочный модуль при его посадке на поверхность в условиях атмосферы Марса с работающей тормозной двигательной установкой. Вычислительный алгоритм основан на стандартизированной системе передачи сообщений Message Passing Interface (MPI). В нем используется как блокирующие, так и неблокирующие процедуры обмена с контролем завершения операций. Распараллеливание по пространству осуществляется</p>

по двум или трем направлениям в зависимости от размера области интегрирования и параметров вычислительной сетки. Моделирование осуществлено на вычислительных ресурсах Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН.

Разработан параллельный вычислительный алгоритм для исследования механизмов взаимодействия ударной волны с пылевыми слоями. Впервые проведено прямое численное моделирование взаимодействия ударной волны со слоем частиц с учетом их движения и неидеального взаимодействия. Слой толщиной 800 мкм моделировался заданием системы из 175 цилиндров диаметром 90 мкм. Численное исследование проводилось в рамках двумерных уравнений Эйлера, которые решались в области с изменяющейся границей методом декартовых сеток. Параллельный вычислительный алгоритм позволяет с высокой эффективностью проводить моделирование с использованием нескольких тысяч процессорных ядер на сетках с числом ячеек до 1 млрд. Использование данного метода может дать качественно иные результаты за счет учета нестационарных аэродинамических эффектов при взаимодействии потока с близко расположенными телами.

ИАП РАН

Разработана программа моделирования эксперимента по виртуальному скринингу в Desktop Grid. Показано, что репликация в «хвостовой» части вычислительного эксперимента в Desktop Grid эффективна с точки зрения критерия минимизации общего времени вычислений за счет дополнительных затрат на избыточные вычисления реплик заданий, и позволяет сократить длительность выполнения «хвостовой» части на 1–2 порядка.

Разработана и реализована имитационная модель досчета вычислительного эксперимента в Desktop Grid. Эмпирические функции распределения случайных величин для моделирования ненадежности узлов получены анализом статистики выполнения проекта добровольных вычислений RakeSearch. Модель апробирована на данных выполнения проекта добровольных вычислений RakeSearch, сделаны выводы об эффективности различных эвристик репликации заданий.

Подготовлена основа для создания специализированной Desktop Grid для проведения виртуального скрининга лекарств и создан проект добровольных вычислений SidDock@home на базе платформы BOINC для виртуального скрининга лекарств совместно с научной группой из университета г. Любляна, Словения. В проекте реализован прототип ранее разработанной теоретико-игровой математической модели планирования заданий в Desktop Grid.

ИПМИ КарНЦ РАН

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Предложен и реализован алгоритм распараллеливания вычислений на кластерах с несколькими независимыми вычислительными устройствами CPU/GPU для моделирования несжимаемой жидкости на базе алгоритма гидродинамики стлаженных частиц в модификации для несжимаемой жидкости (PCISPH).</p> <p>ИСИ им. А.П. Ершова СО РАН</p> <p>Для задач фильтрации двухфазной несжимаемой жидкости с разрывными решениями разработаны вычислительные алгоритмы, основанные на явной противопотоковой аппроксимации интегральных законов сохранения. Приложением является изучение процессов вытеснения нефти водой. Построена явная схема для двухпористой 3D модели трещиновато-пористой среды, в которой противопотоковый подход реализуется не только внутри каждой среды, но и при обмене двухфазной жидкостью между поровыми блоками и трещинами. Предложена явная схема для задачи с разнонаправленными потоками фаз, являющейся основой описания процесса гравитационной сегрегации двухфазной жидкости в пористой среде. Для построенных схем установлен принцип максимума и решена проблема однозначной разрешимости сеточных задач с условиями непротекания на внешней границе области и с заданными дебитами на нагнетательных и добывающих скважинах.</p> <p>Модернизированы и реализованы новые алгоритмы генерации распределённых программ численного моделирования на мультикомпьютерах для системы LuNA. Система LuNA обеспечивает автоматическое конструирование распределённых программ численного моделирования на мультикомпьютерах. Конструирование программы осуществляется в два этапа: вывод алгоритма решения поставленной задачи в аксиоматической теории, частично описывающей предметную область, и генерация распределённой программы по выведенному алгоритму. Автоматическое конструирование программ в других предметных областях сводится к замене частичной аксиоматической теории, описывающей предметную область. В 2020 году были модернизированы алгоритмы генерации программ, что позволило уменьшить в 3–5 раз время выполнения стенированных программ. Ускорение достигнуто за счёт сокращения накладных расходов на работу ис-</p>

полнительной системы. Модернизированные алгоритмы сохраняют возможность автоматического обеспечения динамических свойств конструируемых программ, как динамическая балансировка нагрузки на вычислительные узлы мультикомпьютера. Достигнутое качество конструирования параллельных программ позволяет начать работы по реализации технологии активных знаний.

Построена вычислительная модель эволюции белых карликов и взрыва сверхновых типа Ia на модели гравитационной гидродинамики со звездным уравнением состояния. Для восстановления внутренней энергии белого карлика мы используем уравнения для энтропии, что позволяет избежать сложного итерационного процесса для вычисления температуры. Кроме этого, такая запись уравнений позволяет разработать эффективную программную реализацию с использованием векторных инструкций AVX-512. Для детального описания горения углерода в белом карлике используется технология вложенных сеток, когда гидродинамика взрыва моделируется на регулярной сетке, а последующие процессы горения углерода в качестве отдельной гидродинамической задачи на вложенных сетках. Вычислительные эксперименты, проведенные на суперкомпьютере НКС-III, оснащем процессорами Intel Xeon Phi KNL, показали, что в зависимости от ядерного горения углерода варьируется энергия взрыва, что приводит к различию в кризисах блеска. Что в свою очередь говорит о ненадежности использования сверхновых типа Ia в виде «стандартных свечей» для измерения расстояний во Вселенной.

ИВМиГ СО РАН

В части «разработка сверхмаштабируемых алгоритмов для решения задач многофазной многокомпонентной фильтрации, решения уравнения переноса, решения систем линейных и нелинейных уравнений».

Для решения разреженных SLEAU большой размерности в численных методах подземной гидродинамики в библиотеке AMGCL были реализованы новые эффективные алгоритмы с использованием паттерна стратегии, специализации шаблонов и свободных функций, позволившие добиться 4х кратного сокращения времени расчетов по сравнению с имеющимися аналогами и на 40% снизить потребность в памяти. Использование паттерна стратегии, специализации шаблонов и свободных функций позволяет использовать в структурах данных и алгоритмах небольшие блочные матрицы статического размера двойной, одинарной и смешанной точности. Такой подход позволил снизить требования алгоритмов к объему и пропускной способности памяти, позволил значительно

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ускорить решение задач, не меняя структуры преобладывающего и без потерь общего качества решения CJAU большой размерности. Новые алгоритмы решения CJAU большой размерности позволили существенно снизить потребность в компьютерных ресурсах при моделировании объектов подземной гидродинамики.</p> <p>Методами компьютерного моделирования рассмотрена и проанализирована возможность существования аллотропных модификаций элементного азота, содержащих от четырех до десяти атомов данного элемента. Определено, что среди различных аллотропных модификаций азота, содержащих от четырех до восьми атомов азота в молекуле, только четыре структуры, а именно N4 (прямоугольник), N4 (тетраэдр), N6 («открытая книга») и N8 (куб), способны вступать в реакцию с молекулярным кислородом со значительным выделением тепловой энергии. Получены модели аллотропных модификаций азота, перспективные в качестве горючих материалов. Компьютерное моделирование формирования металлокластеров Al2M3 гибридным методом функционала плотности OPBE/TZVP позволило оценить устойчивость различных 3d-элементов. Использование среды высокопроизводительных вычислений на примере моделирования реакции образования металлокластеров Al2M3 в газовой фазе обеспечило исследование параметров и структуры 3d-элементов. Методами компьютерного моделирования рассмотрена и проанализирована возможность существования аллотропных модификаций элементного азота, содержащих от четырех до десяти атомов данного элемента. Моделирование структур металлокластеров Al2M3 позволило оценить устойчивость различных 3d-элементов.</p> <p>В результате исследований по векторизации программного контекста произвольного вида был выделен специальный тип контекста, для которого допустимо применение векторизации практически без ограничений. Данный тип контекста – плоский цикл – представляет собой цикл, тело которого подчиняется жестким требованиям по обращениям в память (благодаря чему исключаются конфликты по памяти), по выравниванию данных, а также некоторым другим требованиям. Разработан ряд методов для векторизации тела плоского цикла произвольного вида, в частности когда тело цикла содержит простые вычисления, операторы передачи управления, сильно разветвленное управление, вложенные гнезда циклов, в том числе содержащие нерегулярное количество операций, вызовы функций. Для всех этих разновидностей программного контекста тела плоского цикла</p>

	<p>разработаны методы векторизации с помощью перевода логики программы в предикатное представление и дальнейшего объединения путей выполнения с помощью масочных инструкций AVX-512. Разработанные методы векторизации были опробованы на практических задачах (задачи линейной алгебры, решение систем линейных уравнений, реализация физических решателей, операции с геометрическими объектами). При этом среднее ускорение программного кода для реальных приложений, достигаемое вследствие векторизации, составило около 7 раз на различных рассмотренных задачах по сравнению со скалярной версией кода.</p> <p style="text-align: center;">ФНЦ НИИСИ РАН</p> <p>Предложен метод кластерного Монте-Карло для численного расчета статистической выборки пространства состояний векторных моделей. Разработан новый метод вычисления многомерной плотности вероятности состояний систем взаимодействующих частиц в векторных моделях.</p> <p>Выполнены численные расчеты свойств и параметров спинового стекла в модели Эдвардса-Андерсона. Критические показатели были получены для описания поведения модели в критической области. Для расчета использован высокопроизводительный алгоритм обмена репликами Монте-Карло.</p> <p style="text-align: center;">ИППМ ДВО РАН</p>
<p>5. Теоретическая информатика и дискретная математика</p>	<p>Разработан программный комплекс Multi-view StereoMaker, который позволяет производить автоматическое построение стереоизображений для нескольких объектов и сопроводительной информации к ним с помощью технологии multi-view. Программный комплекс Multi-view StereoMaker работает с произвольными 3D объектами, представляющими как результаты расчетов задач математического моделирования, так и заданные пользователями изображения. Программный комплекс позволяет работать с разными стереобазами. Построение отображения результатов научных исследований в стереорежиме реализовано для автостереоскопического монитора, который позволяет наблюдать стереоизображение без очков, обеспечивая при этом высокое качество. Программный комплекс предназначен для создания анимированных стереопрезентаций результатов научных исследований. Получено свидетельство о государственной регистрации программ на ЭВМ.</p> <p>Предложены две новых модификации алгоритма стохастической трассировки лучей для использования в реалистичной компьютерной графике и вычислительной оптике. Они позволяют значительно снизить зашумленность изображений, присущую стохастиче-</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ческим методам. В основе модификаций лежит нахождение оптимальных весов множественной выборки по значимости для трассировки с использованием фотонных карт и введение понятия квази-зеркальных объектов и особой обработки рассеивания света на них. Для обоих случаев получены теоретические выкладки, позволяющие выделить и минимизировать шумовую составляющую результатов моделирования. Численные методы вычисления оптимальных весов разработаны и проверены на тестовых сценах. В результате применения разработанных подходов время генерации итоговых неза шумленных высококачественных изображений сократилось в несколько раз.</p> <p>ФИЦ ИППМ им. М.В. Келдыша РАН</p> <p>Разработаны и исследованы новые методы построения и проверки гипотез в рамках подхода к поиску параметрических зависимостей в больших прикладных данных, основанного на использовании Хаф-подобных преобразований. Методы успешно протестированы на цифровых данных большого объема из области ритейла. С помощью разработанных алгоритмов решены различные прикладные задачи из неорганической химии, экономики и других областей.</p> <p>ФИЦ ИУ РАН</p> <p>Представлен подход к решению задач выбора оптимальных конструкций роботов и их комбинаций при наличии неполной информации о потенциальных целях. Такая информация моделируется с помощью бинарных отношений предпочтения (доминирования) на множестве роботов и целей. Проведен аналитический обзор различных определений оптимальности и доминирования роботов. На основе предложенных моделей сформулирован ряд типовых задач проектирования групп роботов и даны рекомендации по их решению. Преимущество этого подхода заключается в том, что он позволяет находить оптимальные решения для максимального достижения многих целей при ограниченных ресурсах, что достигается за счет использования всей имеющейся информации о потенциальных целях и предпочтениях при выборе конструкций роботов, выстраивании их в группу, охватывающую как можно больше целей, и выборе соответствующей стратегии.</p> <p>ИАП РАН</p>

Предложена модель кооперативной игры на графе, в которой характеристическая функция определяется с помощью максимального покрытия графа параметрами связанных вершин. Предложен метод производящих функций для нахождения максимального покрытия графа и для вычисления значения Оуэна как решения данной кооперативной игры.

Разработаны математические и имитационные модели оптимального параллельного управления деком в двухуровневой памяти, когда в качестве критерия оптимальности рассмотрены минимальные средние затраты на перераспределение памяти. Построена математическая модель для задачи оптимального управления несколькими FIFO-очередями в двухуровневой памяти и несколькими деками в двухуровневой памяти.

Рассмотрена система обслуживания, в которой время обслуживания имеет вид двух-компонентной смеси распределений Парето. Исследована чувствительность основных стационарных характеристик системы к варьированию компонент смеси в терминах равномерной метрики. Теоретический анализ иллюстрируется рядом численных примеров.

Предложена модель коммуникационного графа ученых нового типа, представляющего собой пересечение графа соавторства и графа цитирования.

Разработана дискретно-событийная имитационная модель системы Desktop Grid на основе обобщенных полумарковских процессов.

В развитие модели задачи поиска «иголки в стоге сена» сформулирована новая математическая постановка – рискованный поиск с растущей сложностью. Для новой формулировки задачи получена оптимальная стратегия, формулы вычисления ожидаемого времени завершения поиска и стоимости поиска.

Исследована модель системы обслуживания-запасания, в которой заявки могут поступать группами, а обслуживание имеет групповой характер. Исследовано стационарное распределение двух моделей данного типа систем матрично-аналитическим методом, получены результаты сравнительных численных экспериментов.

Для многосерверной системы с повторными вызовами и заявками N классов с пуассоновскими входными процессами на основе регенеративного подхода и метода каплинга получены в явном виде моменты стационарного распределения.

ИПМИ КарНЦ РАН

Получено семейство собственных функций для всех ненулевых собственных значений целочисленного графа, являющегося графом Кэли на симметрической группе степени n , порождающее множество которого состоит из транспозиций специального вида. Спектр

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>этого графа содержит все целые значения в диапазоне от $-(n-1)$ до $(n-1)$ (включая 0 при $n>3$). Для собственных значений $p-m-1$, $p>2m$, установлена связь найденных функций со стандартным S_n-модулем Шпехта. Доказано, что любая $(n-2)$-собственная функция графа восстанавливается по значениям на второй окрестности вершины, а минимальная мощность её носителя равна $2(n-1)!$. Дана характеристика таких функций и показано, что они получают как разность характеристических функций двух полностью регулярных кодов радиуса два. Полученные результаты являются фундаментальными в спектральной теории графов и теории регулярных кодов, а также имеют прикладное значение в компьютерных науках при моделировании многопроцессорных систем.</p> <p>ИММ им. Н.Н. Красовского УрО РАН</p> <p>Иерархия Вэджа, являющаяся важным инструментом измерения топологической сложности, была определена и изучалась только для нульмерных пространств. Предложено ее расширение в терминах теоретико-множественных операций на произвольные квази-польские пространства, важные для математики и информатики. Установлены ос-новные свойства этих пространств, в частности сохранение уровней иерархии относи-тельно непрерывных открытых сюръекций. Иерархия Вэджа впервые описана в терми-нах порождающих и определяющих соотношений. Исследована связь теории иерархий с теорией нётеровых квазитопологий.</p> <p>В рамках изучения вычислимых элементов несчетных структур были исследованы свойства структур и полей вычислимых действительных чисел, порожденных различ-ными классами вычислимых численных функций. Были развиты методы для данных структур, позволяющие исследовать следующие вопросы: является ли порожденная структура вещественным замкнутым полем, существует ли для порожденной структуры вычислимая копия. Разработаны достаточные требования на класс вычислимых числен-ных функций, для которых порожденная структура является вещественным замкнутым полем. Доказано, что ни для полиномиально вычислимых вещественных чисел, ни для вычислимых вещественных чисел, порожденных классами Гжесторика, нельзя постро-ить вычислимых копий. Как следствие можно утверждать, что их спектры не содержат</p>

низких степеней. Также был предложен критерий вычислимости архимедовых упорядоченных полей.

Для новой алгебры дискретно-временных стохастических и детерминированных Петри dtsdPBC (расширения исчисления dtsiPBC положительными детерминированными (постоянными) задержками активностей) доказана согласованность шаговой операционной семантики (основанной на помеченных вероятностно-временных системах переходов с тремя типами состояний) и денотационной семантики (определенной на помеченных дискретно-временных стохастических и детерминированных сетях Петри со стохастическими и детерминированными переходами) относительно шаговой стохастической бисимуляционной эквивалентности, а также установлены взаимосвязи последней с другими поведенческими отношениями в рамках dtsdPBC .

Для безопасных непрерывно-временных сетей Петри со «слабой» семантикой происхождения времени и «промежуточной» семантикой по памяти (SlHBCP) предложен метод дискретизации пространства состояний (т.е. показано, что для любого пробега SlHBCP с нецелочисленными границами временных интервалов существует эквивалентный в определенном смысле пробег только с целочисленными значениями прохождения времени), разработана частично-упорядоченная семантика в терминах множеств временных (причинных) процессов (пар, состоящих из временных причинных сетей, (построенных из событий и условий, связанных частичным порядком; отсутствие частичного порядка означает параллелизм между элементами причинных сетей), и их гомоморфизма в SlHBCP), а также показано существование биективного отображения между пробами (интерливинговой семантикой) и линеаризациями причинных сетей (частично-упорядоченной семантикой), что говорит о корректности последней семантики относительно первой в контексте SlHBCP .

Для безопасных непрерывно-временных сетей Петри с «сильной» семантикой происхождения времени и «промежуточной» семантикой по памяти (StHBCP) построена иерархия тестовых эквивалентностей, разработанных на основе интерливингового и частично-упорядоченного подходов.

Разработано расширение логики LTL – логика cuscLTL , которое позволяет описывать как высокоуровневые (не зависящие от реализации), так и низкоуровневые (учитывающие специфику реализации) требования к программному обеспечению, основанному на циклах управления. Программное обеспечение такого рода реализует повторяющийся цикл управления, имеющий три стадии: входную стадию получения данных из окружа-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>юющей среды (в частности, объекта управления), стадии обработки данных и выходную стадию передачи результатов обработки данных окружающей среде. Высокоуровневые требования рассматривают программное обеспечение как черный ящик, оперируя только его входами-выходами. Низкоуровневые требования учитывают особенности стадии обработки входных данных. Логика <i>use-CTL</i> расширяет логику <i>LTL</i> за счет двух новых видов модификаций стандартных темпоральных операторов <i>X</i>, <i>F</i>, <i>G</i> и <i>U</i>: первые учитывают только состояния входной и выходной стадий и, таким образом, описывают высокоуровневые требования, а вторые учитывают только состояния стадии обработки данных и, таким образом, описывают низкоуровневые требования. Семантика новой логики определена в терминах гиперпроцессной системы переходов – помеченной системы переходов, обогащенной взаимодействующими процессами, их функциональными состояниями и действиями, которые могут выполняться в этих состояниях, включая действия с дискретными таймерами. Предложенный подход к спецификации требований позволяет в случае невозможности доказать соответствие программному обеспечению высокоуровневого требования, использовать низкоуровневые требования как гипотезы для нахождения и локализации ошибок в программном обеспечении, связанных с этим высокоуровневым требованием. Использование системы переходов в качестве модели управляющего программного обеспечения при определении семантики логики <i>use-CTL</i> позволяет проверять требования, описанные в этой логике, с помощью методов проверки моделей.</p> <p>Разработан и реализован новый программный комплекс, предназначенный для моделирования, анализа и верификации <i>SDL</i>-спецификаций распределенных систем. Он включает транслятор из языка <i>SDL</i> в разработанный ранее язык <i>Dynatic-REAL</i>, системы автоматического моделирования спецификаций, представленных на этом языке, и их верификации с помощью системы <i>SPIN</i>. Этот комплекс применяется для верификации системы управления сетью банкоматов.</p> <p>Разработана и реализована новая версия системы верификации конечных итераций над изменяемыми структурами данных в <i>C</i>-программах без инвариантов циклов, которая включает модуль автоматизированного доказательства условий корректности.</p> <p>Проведены исследования методов и средств эффективного визуального представления структурной информации с использованием графовых моделей. Разработан эффек-</p>

тивный алгоритм укладки иерархического графа с портами на плоскости и выполнена его реализация в рамках системы визуализации Visual Graph. Осуществлено развитие системы Visual Graph как системы анализа и визуализации сложной структурированной информации большого объема на основе атрибутированных иерархических графов.

Выполнены работы по исследованию и развитию модели визуализации графовых алгоритмов, в которой описание алгоритма является параметром и частью изображения, разработаны методы и средства динамической визуализации процессов исполнения теоретико-графовых алгоритмов, позволяющие совмещать визуализацию шагов алгоритмов обработки динамически изменяемых графов с их визуальными эффектами.

ИСИ им. А.П. Ершова СО РАН

Для преодоления проблемы сильной чувствительности к выбросам кластеризации на базе метода с k -means с расстоянием Махаланобиса предложена задача минимизации дифференцируемой робастной оценки среднего от квадратов расстояний Махаланобиса. Предложенный подход закладывает основу робастности искомого решения. Для поиска центров кластеров и ковариационных матриц предложен алгоритм типа итеративного перевзвешивания. На наглядных примерах показана его нечувствительность к большим объемам выбросов.

ИПМА КБНЦ РАН

Построены и исследованы новые модели и алгоритмы решения для задач теории расписаний по оперативному управлению складом.

Построены и исследованы новые модели целочисленного линейного программирования, точные и приближенные и алгоритмы для решения задач маршрутизации транспортных средств с гибким графиком обслуживания клиентов.

Разработаны точные и приближенные алгоритмы их решения полиномиальной трудоемкости для цеховых задач теории расписаний, в которых работы требуют дополнительного ресурса в течение всего времени их выполнения изучена комбинаторная сложность.

Построены эффективные алгоритмы с гарантированными оценками качества для труднорешаемых экстремальных задач, индуцированных прикладными проблемами поиска сгущения объектов. Разработаны точные полиномиальные алгоритмы для задач обработки множества и последовательностей точек евклидова пространства, для алгоритмов для задач обработки квазипериодических последовательностей проиллюстрирована применимость к решению задач анализа биомедицинских сигналов.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Доказано, что комбинаторные t-дизайны и их q-ичные аналоги, разностные множества и двоичные бент-функции эквивалентны совершенным раскраскам вершин в графах Джонсона и Грассмана или в графах, которые являются их естественными обобщениями.</p> <p>Рассмотрены взаимосвязи между теориями паросочетаний в гиперграфах и диагоналей в многомерных матрицах. Сделан обзор наиболее интересных и важных результатов о существовании и числе паросочетаний в гиперграфах, а также разобрано, как их можно интерпретировать с точки зрения матричного подхода.</p> <p>Построена классификация графов малого диаметра по числу пар диаметральных вершин, содержащихся в графе. Установлены все возможные значения параметров n и k, при которых существует n-вершинный граф диаметра 2, имеющих в точности k пар диаметральных вершин. Найден наименьший порядок этих графов. Описаны и подсчитаны такие графы с большим числом вершин. Для любого наперед фиксированного целого $k \geq 1$ внутри каждого выделенного класса n-вершинных графов, содержащих ровно k пар диаметральных вершин, описан класс типичных графов. Для введенных классов исследовано свойство «почти все» для любого $k=k(n)$ с определённым ограничением роста.</p> <p>Доказано, что нельзя ограничить число пар диаметральных вершин наперед заданным целым k, чтобы получить почти все графы диаметра. Это исследование расширяет наши представления о структурных свойствах типичных графов небольшого диаметра.</p> <p>Исследована математическая первооснова оригинального подхода полидральной комплементарности, предложенного для отыскания экономического равновесия в моделях обмена и различных их вариаций.</p> <p>Полученная общая теорема представления ядра в виде супердифференциала позволяет использовать аппарат субдифференциального исчисления для описания структуры ядер для классических нечетких расширений обычных кооперативных игр.</p> <p>Разработан гибридный алгоритм построения расписаний многопродуктового производства для задач большой размерности. Экспериментально показано преимущество предложенного алгоритма в сравнении с известным ранее алгоритмом по качеству решений и времени счета. Исследована сложность задачи минимизации общего времени обработки идентичных деталей в роботизированных производственных системах. Предложены новые полиномиальные приближенные алгоритмы с константной оценкой точности</p>

	<p>для задач составления энергетически эффективных расписаний с многопроцессорными работами.</p> <p>Для практически значимых критериев качества управления вперые формализована неаддитивная задача планирования оптимального группового обхода заданных на плоскости зон при заданном пространственном распределении рисков потери управления. Основные результаты получены с помощью разработанных модификаций оригинального метода упругого следа. Часть полученных аналитических результатов верифицирована имитационными экспериментами.</p> <p>ИМ им. С.Л. Соболева СО РАН</p> <p>Исследована проблема точных многоуровневых вычислений по формуле Кастелейна для перечисления совершенных паросочетаний решетчатого графа. Построено доказательство классической формулы, при этом получено упрощенное представление с временем вычислений приблизительно в четыре раза меньше. Предложен подход к выполнению точных вычислений.</p> <p>Дагестанский ФИЦ РАН</p> <p>Решена задача определения минимального набора ребер, удаление которых из графа разрывает все пути, проходящие через выделенное множество вершин и предложены способы уменьшения вычислительной сложности построенного алгоритма.</p> <p>Для прикладных моделей пуассоновского потока получены достаточно сильные энергетические эффекты их целевых функций. Первая модель характеризует защитные свойства напыления в порошковой металлургии, вторая описывает процесс печати и ксерокопирования.</p> <p>ИПМ ДВО РАН</p>
6. Системное программирование	<p>Разработан метод поиска ошибок взаимных блокировок потоков, в котором семантика многопоточных программ моделируется с помощью графа блокировок – расширенного графа вызовов с добавлением информации об удерживаемых блокировках. Детектор поиска взаимных блокировок на основе графа блокировок показал 50–70% истинных срабатываний при анализе 8 проектов с открытым исходным кодом на языках C/C++/Java общим размером более 14 млн строк кода.</p> <p>Разработаны методы анализа программ при помощи частичной эмуляции программного кода на базе эмулятора Qemu. Данные методы позволяют применять средства от-</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ладки и динамического анализа для микропрограммного кода без применения средств аппаратной отладки и отсутствия полноценной поддержки платформы в эмуляторе.</p> <p>Разработаны методы поиска шаблонов бинарного кода по заполняемой базе на основе Debian дистрибутива, идентификации версий библиотек, использованных при компоновке результирующей программы. Данные методы позволяют определять версии библиотек и обращаться к базам известных ошибок и уязвимостей, для проверки на наличие известных ошибок, включая случаи, когда поставщик программного обеспечения не сообщает версию и название использованных библиотек. Методы реализованы в системе ISP Gene. Разработаны методы динамического символического выполнения позволяющие, за счет примененных оптимизаций, значительно повысить эффективность анализа бинарного кода. Были разработаны предикаты безопасности, позволяющие осуществлять поиск потенциальных ошибок, для случаев, когда такие ошибки программно обеспечены не проявились во время исполнения и не привели к срабатыванию таких инструментов как Valgrind и Google Sanitizers.</p> <p>Разработан метод фаззинга, позволяющий учитывать семантику полей во входных данных, осуществлять параллельный запуск фаззеров, что позволяет увеличить скорость прироста покрытия во время фаззинга. Разработан метод позволяющий производить дополнительный анализ программ при помощи инструментов Valgrind и Dr. Memory. Реализация разработанных методов включена в программные системы, разрабатываемые ИСП РАН: Crusher в инструменте Sydr, ИСП Фаззер.</p> <p>Разработан алгоритм быстрого анализа сверху-вниз по графу вызовов для дополнения анализа на основе резюме снизу-вверх с целью получения недостающей информации о помеченных данных, целых числах, указателях, строках и др. Полученная информация используется для повторного анализа функций и формирования корректного резюме для анализа вызывающих ее функций. Разработанный метод позволил найти ошибки в тестовых программах, моделирующих реальные уязвимости.</p> <p>Разработаны методы облачных вычислений над конфиденциальными данными, сочетающее использование лямбда-архитектуры с ограничением на разрешенные деструктивно безопасные запросы к базам данных, использующая свободное программное обеспечение.</p>

Исследованы и разработаны методы контролируемого развертывания облачной среды с масштабируемым распределенным хранилищем. Разработаны методы изолированной сборки бинарных кодов облачной среды, в том числе базовой операционной системы, лежащей в основе ее работы. Разработаны методы по безопасной изоляции слоев виртуализации и администрирования в облачной среде друг от друга. Разработан инструмент развертывания распределенных фреймворков для обработки больших данных, учитывающий разработанные методы по изоляции с сохранением возможностей к масштабированию.

Исследованы структуры данных, представленных в формате файлов, наиболее активно использующихся в современных системах документооборота. Разработаны методы извлечения текстов и мета информации об элементах форматирования. Разработаны методы машинного обучения по извлечению логической и иерархической структуры документов – от названия документа к структурным элементам (таким как главы, разделы и другие). Разработаны и реализованы методы по формированию обучающих выборок для улучшения качества извлечения логической структуры и добавления новых типов документов. На базе разработанных методов реализована программная платформа – dedoc, которая позволяет извлекать текст и таблицы из документов в форматах docx, doc, odt, xlsx, xls, ods, ppt, pptx, odf, csv, txt, json, html, а так же предоставляет каркас для добавления других форматов. На основе платформы dedoc разработана и реализована программа docreader, которая позволяет обрабатывать растровые форматы pdf, djvu, а также электронные копии документов различных форматов (png, jpg и других). Программная платформа dedoc доступна для исследователей в открытом доступе по ссылке: <https://github.com/ispras/dedoc/>

Сформулированы и доказаны необходимые и достаточные условия для реализации набора запрошенных путей на панели данных без непреднамеренных соединений хост-хост и, следовательно, без потенциальных циклов. Разработаны алгоритмы для коррекции набора путей проверки, индуцирующих непреднамеренные пути. Даны верхние оценки сложности алгоритмов; полиномиальная сложность алгоритма превентивной верификации набора путей относительно суммарной длины путей позволяет быть уверенным в его применимости для крупномасштабных виртуальных сетей. Разработан алгоритм построения разделяющей последовательности для входо-выходных полуавтоматов без ненаблюдаемых действий, которые достаточно часто используются в качестве спецификаций для описания компонентов различных телекоммуникационных систем, позволяющий избежать требования «о всех погодных условиях» при тестировании сетевых устройств. Получены верхние оценки длины разделяющей последовательности

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>относительно числа состояний исследуемых входо-выходных полуавтоматов. Показано, что длина кратчайшей разделяющей последовательности может быть экспоненциальной относительно размеров полуавтоматов.</p> <p>Разработана концепция иерархических динамических уровней детализации (HDLOD) и методы для их автоматической генерации и визуализации. В отличие от традиционных методов уровней детализации, подходящих только для статических сцен, разработанный метод применим к широкому классу детерминированных псевдо-динамических сцен, возникающих в многочисленных индустриальных приложениях. Разработана модель производительности прямого рендеринга для оценки объема потребляемой памяти и времени выполнения рендеринга с учетом буферизации команд и проверок видимости. Разработан и реализован адаптивный метод управления командными буферами и проверками видимости для эффективного рендеринга динамических трехмерных сцен. Адаптивный метод использует предложенную модель производительности рендеринга и метод оценки количества невидимых объектов для выбора наиболее эффективного способа рендеринга данного состояния динамической сцены.</p> <p>Анализ разных типов недекларированных возможностей в цифровой аппаратуре и методов противодействия им. Исследование применимости методов функционального тестирования и верификации цифровой аппаратуры для пред-и пост-производственного обнаружения недекларированных возможностей. Проведен анализ современной научно-технической литературы, посвященной недекларированным возможностям в цифровой аппаратуре и методам противодействия им. Исследована применимость методов функционального тестирования и верификации цифровой аппаратуры (в том числе разрабатываемых в ИСП РАН) для пред- и пост-производственного обнаружения недекларированных возможностей.</p> <p>Разработана модель указателей адресуемой памяти и операций с указателями, в спецификации, в реализации, а также в рамочных предикатах для спецификации эффектов монадических функций, на основе исчисления регионов и динамических фреймов, подерживающий, в том числе произвольно вложенные типы данных (структуры/массивы/объединения).</p>

ИСП им. В.П. Иванникова РАН

	<p>Разработан метод дедуктивной верификации с применением обратной трансформации от программы на языке Си к эквивалентной предикатной программе. На первом этапе трансформации устраняются указатели с переводом программы на тот же язык Си без указателей. С использованием метода обратной трансформации проведена дедуктивная верификация программы metweight, входящей в библиотеку ядра ОС Linux, для вычисления числа элементов множества. Для упрощения верификации разработан и опробован метод спецификации промежуточного состояния исполняемой программы в виде независимой модели. Адаптирован метод лемма-функций, позволяющий упростить сложное доказательство по индукции в системе Why3. По той же технологии проведена дедуктивная верификация программы пирамидальной сортировки из библиотеки ядра ОС Linux.</p> <p>В целях упрощения программ на языке Си для их последующей дедуктивной верификации разработаны методы трансформации программ, устраняющие указатели. Для трансляции с языка Си на язык WhyML (основной язык в системе Why3) разработан промежуточный язык функционального программирования сP, не содержащий указателей и наиболее близкий к языку Си. Метод опробован на десятке программ из библиотеки ядра ОС Linux.</p> <p style="text-align: right;">ИСИ им. А.П. Ершова СО РАН</p>
<p>7. Информационно-вычислительные системы и среды в науке и образовании</p>	<p>Живая публикация – размещенная в интернете в открытом доступе научная работа, которая постоянно развивается и совершенствуется ее автором. Читатель всегда отдает предпочтение живой публикации, поскольку он уверен, что здесь тщательно исправлены все неточности и ошибки, замеченные с момента первого размещения работы в онлайн, а также постоянно отслеживаются изменения, происходящие в данной отрасли науки. Достоверное и надежное свидетельство живой публикации – свежая дата ее последней редакции. Эта дата не только размещается в броской форме в самой публикации, но и весьма желательна в тексте онлайн-библиографической ссылки на нее. Библиографическую ссылку в таком случае следует дополнить конструкцией вида «Редакция от ≈27.09.2018≈», где дата, окруженная символами «≈», всякий раз формируется динамически посредством кросс-доменных связей с сайтом живой публикации. Поддержка обновляемой даты последней редакции живой публикации реализована в проекте https://alive.keldysh.ru/.</p> <p style="text-align: right;">ФИЦ ИПП им. М.В. Келдыша РАН</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>В рамках работ по созданию Единого Цифрового Пространства Научных Знаний реализована цифровая семантическая библиотека по математике на основе программной среды разработки LibMeta.</p> <p>На основе анализа отечественного и зарубежного опыта построен ряд базовых моделей цифровой трансформации школы и соответствующих им стратегий, сформулированы требования к участникам образовательного процесса, регуляторным, компетентностным и культурным нормам, инфраструктуре. Показано, что дистанционный компонент образовательного процесса может оказывать существенное позитивное влияние на эффективность этого процесса.</p> <p style="text-align: center;">ФИЦ ИУ РАН</p> <p>Рассмотрен ряд задач, связанных исследованиями коммуникации ученых через сотрудничество и цитирование. Для авторов Math-Net.Ru с использованием предложенного подхода показано отсутствие преднамеренного взаимного цитирования.</p> <p>В системе лингвистического корпуса ВепКар сформулированы и запрограммированы правила словоизменения для именных частей речи и глаголов вепского и карельского языков с учетом диалектных особенностей речи. Благодаря добавлению этих правил словоизменения в системе ВепКар было сгенерировано в полуавтоматическом режиме большое число словоформ, а именно словарь ВепКар пополнился на 2,1 млн словоформ. Все го корпус содержит 2,2 млн словоформ. Кроме семантической разметки, представленной в корпусе ВепКар (2,1 млн связей между словами из текста и значениями лемм в словаре), также была добавлена грамматическая разметка, а именно: установлено 1,1 млн связей между словами из текста и грамматическими характеристиками словоформ из словаря.</p> <p style="text-align: center;">ИПМИ КарНЦ РАН</p> <p>Разработаны и экспериментально проверены методы интеграции (включения) контента интеллектуальных научных интернет-ресурсов, построенных в нашем институте, в облако данных Linked Open Data в соответствии с принятыми в нем правилами.</p> <p>Выполнены экспериментальные исследования по оптимизации параметра *TMIN* (минимально допустимое значение доверия) модели оценки доверия. Применались логи-</p>

стическая регрессия и бэггинг. Эксперименты проводились на двух, составленных ранее коллекциях: описание IT-проектов с GitHub и научных публикации с каталога Euroean PubMed. Полученные значения параметра *TgMIN* в обоих случаях оказались достаточно близки. Можно считать, что полученная таким образом оценка параметра модели может применяться при решении классов задач, соответствующих обучающим коллекциям.

Разработан прототип системы, реализующей непрерывный процесс сбора и извлечения информации из веб-страниц интернет-ресурсов, пополнения базы знаний и контроля достоверности вносимой информации. Выполнены экспериментальные исследования на сайтах образовательных организаций. Исследованы возможные пути дальнейшего развития методов и подходов, применяемых при разработке системы.

Проведены исследования моделей и методов извлечения временной и количественно-параметрической информации. Разработана классификация типовых параметрических конструкций и созданы их неформальные описания, включающие отнесение к лексико-семантическому классу, внутреннюю структуру (набор полей), ссылки на другие конструкции и классы конструкций, а также набор индивидуумов и примеров использования в корпусе текстов. На основе классификации разработана базовая онтология параметрических конструкций. Проведено экспериментальное исследование метода извлечения временных и количественно-параметрических конструкций на основе шаблонных описаний на материале медицинской тематики.

Проведены исследования моделей и методов тематической и жанровой сегментации текста применительно к решению задачи поиска по информационным Интернет-ресурсам. Предложена комплексная модель, включающая знания о жанровых особенностях веб-сайта, его формальной структуре, предметной области и тематической принадлежности. Предложен подход, интегрирующий методы на основе знаний и машинного обучения без учителя, который обеспечивает поиск информации на сайтах образовательных организаций.

Проведены исследования модели дискурса, рассматривающей жанровые структуры (жанрово-композиционная сегментация) во взаимодействии с такими глубинными уровнями представления дискурса как риторическая и аргументативная. Предложен подход, обеспечивающий создание разметки текста в соответствии с заданным уровнем дискурса на основе индикаторного метода. Проведено экспериментальное исследование предложенного подхода на корпусе текстов научного стиля. Создан словарь индикаторов и разработаны методы оценки его применимости.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Проведены исследования моделей и методов анализа трендов на основе метода выявления тематических кластеров, построенных на коллекциях публикаций научных конференций за разные периоды времени. Предложен подход к анализу трансформации терминологического состава кластеров во времени с помощью ориентированных графов, построенных на основе критерия, который позволяет фиксировать наиболее важные изменения.</p> <p>Для решения задач классификации, кластеризации, выявления ассоциаций и аномалий, часто возникающих при принятии решений, были исследованы различные виды нейронных сетей, метод Байеса, метод деревьев решений и другие методы машинного обучения. Анализ применения методов машинного обучения на практике показал, что для более эффективного и обоснованного принятия решений в слабоформализованных областях требуется сочетание этих методов с методами онтологического инжиниринга.</p> <p>На основе ранее разработанных концепции и архитектуры была реализована оболочка СППР, специализированная на область медицинской диагностики. База знаний этой оболочки включает базовую онтологию медицинской диагностики и фрагмент онтологии поддержки принятия решений. Оболочка также содержит библиотеку сервисов, реализующих метод экспертных правил, настройку специализированной оболочки на конкретные классы заболеваний, а также ввод данных о пациенте, на основании которых будут диагностироваться заболевания определенного класса.</p> <p>Найдены потенциальные гены-маркеры синдрома дефицита внимания и гиперактивности. Поиск осуществлялся в данных высокопроизводительного секвенирования РНК крови пациентов-близнецов, один из которых, в отличие от другого, страдал этим заболеванием. Для поиска биомаркеров были разработаны специальные алгоритмы и использованы методы из области биоинформатики и математической биологии.</p> <p>Разработан оригинальный метод глубокого обучения искусственной нейросети для анализа данных цифровой экспрессии генов. Метод реализует идею «распутывания» сигнала экспрессии генов на семантическую и стилистическую компоненты. В основе метода лежит нейросеть с архитектурой автоэнкодера. Метод может быть использован для гармонизации данных, для предсказания результата воздействия на клетки потенциальными лекарственными веществами, для моделирования нокаута генов.</p>

Разработан метод компьютерного зрения для точного подсчета количества клеток сложной формы на снимках микроскопа. Метод основан на обучении полносверточный искусственной нейронной сети на данных коллабораторов. Создано веб-приложение с открытым доступом для обработки снимков.

Полностью подтверждена первоначальная гипотеза, что алгоритмы машинного обучения могут эффективно применяться для классификации изображений текстового типа, полученных просвечивающей электронной микроскопией, в том числе использующие нейрокомпьютерный подход. Полученные результаты предназначены для разработки научных основ контролируемого изменения структуры и состава растительного сырья механическими методами для интенсификации экстракции биологически активных соединений.

Предложен новый метод генерации кратких аннотаций научно-технических текстов на основе тематических моделей и теории риторических структур. Метод основан на представлении текстов в виде графов, использует лингвистическую базу знаний и машинное обучение. Для нахождения в тексте ключевых терминов используется так называемое тематическое моделирование.

Предложены новые методы повышения качества информационного поиска на основе грамматики связей, в том числе с учетом перефразирований предложений. Исследованы модели определения тем текстов на естественном языке, связанные с ними графы, соответствующие понятия и оценки качества. Методы базируются на использовании диаграмм, генерируемых синтаксическим анализатором Link Grammar Parser. Тексты обрабатывались на русском, английском, казахском и турецком языках.

В программную систему Sibetnetic (созданную и разрабатываемую в ИСИ СО РАН с 2013 г.) добавлен ряд новых возможностей, расширяющих ее функциональность, включая 3D-визуализацию морфологии и активности нервных клеток в движущемся организме, моделирование отростков нервных клеток с функцией рецепторов растяжения (получающих информацию о состоянии модели тела), моделирование периодической активности моторных нейронов *C. elegans* класса DA и VA.

Выполнен анализ перспектив образовательной информатики в решении задач современных цифровых технологий. Изучался выбор функциональных моделей обучения для уменьшения числа ошибок программирования. Произведен анализ методов комплексного ознакомления с языками и системами программирования. Произведен анализ парадигмального подхода к схеме изучения и преподавания методов программирования.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Продолжено изучение возможностей применения решений и технологий больших данных для разных классов задач. В частности, проведены исследования и эксперименты с обработкой графа ДеБрёйна.</p> <p>Осуществлена интеграция логико-вероятностного метода извлечения знаний с платформой документного моделирования BSystem. Средствами платформы реализован первый тестовый вариант документной модели системы задания классов гипотез для метода извлечения знаний.</p> <p>Проведены исследования методов и средств реализации адаптивности в интеллектуальных системах дистанционного обучения, основанной на технологии адаптивной гипермедиа и моделях индивидуальных стилей обучения. Рассмотрены основные методы и техники адаптивного представления и адаптивной навигации в адаптивных обучающих гипермедиа-системах, а также основные модели, учитывающие индивидуальные стили обучения.</p> <p>ИСИ им. А.П. Ершова СО РАН</p> <p>В части «развитие методов эффективного использования экзаплонских систем». С целью повышения эффективности планирования суперкомпьютерных заданий предложена классификация заданий, основанная на разности между запрошенным и фактическим временем выполнения задания. На основе статистики суперкомпьютеров МВС-100K и МВС-10П, установленных в МСЦ РАН, исследована эффективность применения известных методов машинного обучения для отнесения заданий к определенному классу в момент постановки задания в очередь. Предложенная классификация заданий, основанная на разности между запрошенным и фактическим временем выполнения задания, может быть применена для предсказания времени выполнения задания путем отнесения задания к определенному классу в момент постановки в очередь. Предказанное таким образом время выполнения заданий может быть использовано при оптимизации планирования суперкомпьютерных заданий. Для отнесения задания к определенному классу была использована статистика суперкомпьютеров МВС-100K и МВС-10П, на базе которой были исследованы известные методы машинного обучения. Наилучшие характеристики показал метод случайного леса. Предложена классификация суперкомпьютерных</p>

заданий, основанная на разности между запрошенным и фактическим временем выполнения задания и исследованы методы машинного обучения, позволяющие отнести задание к определенному классу в момент постановки в очередь.

Предложен и реализован в виде программных средств метод сравнения энергоэффективности вычислительных систем на основе потребляемой мощности и времени выполнения параллельных программ. Предложенный в работе метод позволяет сравнивать энергоэффективность вычислительных систем на основе потребляемой мощности и времени выполнения параллельных программ. Реализующие метод разработанные программные средства позволяют по умолчанию собирать данные о профиле энергопотребления параллельных программ без изменения их исходного кода и могут быть интегрированы в систему управления заданиями суперкомпьютера. Результаты применения предложенного метода на разделах суперкомпьютера МВС-10П ОП показывают, что сравнение энергетических профилей параллельных программ позволяет оценить энергоэффективность вычислительных систем, и полученная оценка может быть использована в энергоэффективном планировании вычислительных ресурсов суперкомпьютера.

В части «создание методов и интегрированной инфраструктуры взаимодействия научно-образовательных сетей». На базе инфраструктурно-сервисной платформы НИКС продолжено систематическое развитие сервисов идентификации участников научно-технического взаимодействия и повсеместного безбарьерного доступа к вычислительным и научным ресурсам на базе технологий федеративной аутентификации, реализующих инструменты взаимодействия с провайдерами идентификации и востребованными провайдерами сервисов по всему миру, а также сервиса международного роуминга в Wi-Fi сетях для научно-образовательного сообщества в рамках проекта eduroam. Усовершенствованы методы и инструменты для мониторинга, анализа и визуализации статистики по уровню использования телекоммуникационной инфраструктуры НИКС пользователями для целей обмена научными данными, установлены основные направления сетевого взаимодействия, рассчитаны типичные объемы обмена трафиком. Систематизированы и обобщены аспекты и устоявшиеся практики эксплуатации и совершенствования национальными научно-образовательными сетями и сетевыми консорциумами экосистемы сервисов для сферы образования и науки. Предложены основные направления развития сервисной платформы НИКС, включая масштабирование эксплуатируемых и внедрение новых потенциально востребованных сервисов.

В части «разработка архитектур, системных решений и методов для создания вычислительных комплексов мультипетафлопсного диапазона производительности, в том

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>числе нетрадиционных архитектур микропроцессоров». В рамках исследования и разработки методов создания высокопроизводительных вычислительных систем для научных исследований в составе суперкомпьютера MBC-10П ОП создан новый раздел на основе процессоров с микроархитектурой Cascade Lake (99 вычислительных модулей). В результате пиковая производительность суперкомпьютера MBC-10П ОП возросла в 2,2 раза и превысила 1,2 Пфлопс. На основе нового раздела проведены исследования методов создания программно-определяемых систем хранения данных и повышения производительности ввода-вывода. С использованием NVMe дисков вычислительных модулей раздела, объединенных по протоколу NVMe-oF, собрана программно-определяемая параллельная файловая система Lustre с рекордными показателями производительности ввода-вывода. Система заняла 18-е место в мировом рейтинге io500, показав лучшие показатели среди российских суперкомпьютерных систем. Суперкомпьютер MBC-10П ОП использует передовую технологию прямого жидкостного охлаждения и входит в состав высокопроизводительного вычислительного комплекса MBC-10П с пиковой производительностью свыше 1,8 тфлопс.</p> <p>Для разрабатываемого векторного потокового процессора (ВПП), пиковая производительность одного ядра которого в 8 раз выше по сравнению с Intel Skylake, исследовалась реальная производительность выполнения программы быстрой сортировки (Quicksort) в зависимости от размера сортируемого массива. Исследование и сравнение производительности ВПП с Intel Skylake проводилось на гибридном варианте программы быстрой сортировки, обеспечивающем наибольшую производительность при использовании векторных команд, и состоящем из двух этапов. На первом этапе выполняется рекурсивное разделение сортируемых данных на блоки, на втором этапе производится упорядочивание элементов в каждом блоке с помощью программы битонной сортировки. Разработанный и отлаженный граф программы Quicksort с использованием новых команд, одна из которых разделяет вектор на части, другая – объединяет элементы двух коротких векторов в одном векторе. Результаты моделирования показали, что ВПП на программе быстрой сортировки имеет более высокую производительность по сравнению с Intel Skylake при размерах массива больше, чем 128 чисел с плавающей запятой двойной точности. Разрыв в производительности одного ядра ВПП по сравнению с Intel Skylake растет с увеличением</p>

размера массива, и на размер в 16K чисел достигает 11 раз. Таким образом, несмотря на более высокую пиковую производительность ВПП по сравнению с процессором традиционной архитектуры его эффективность на программе быстрой сортировки выше.

В части «разработка механизмов интеграции средствами электронной библиотеки «Научное наследие России» цифровых информационных ресурсов различного вида». Разработаны методы и средства формирования интегрированного цифрового фонда электронной библиотеки (ЭБ) в среде распределенных информационных источников различной природы. При этом ЭБ является средством интеграции информационных ресурсов, в частности, обеспечивающих формирование и предоставление широкому кругу пользователей информационных ресурсов по различным направлениям. Решена задача визуализации контента ЭБ для образовательных и научных целей, что позволяет эффективно предоставлять пользователю информацию о динамических процессах и объемных объектах (реконструкция исторических памятников, моделирование физических и технологических процессов, визуализация решений уравнений механики или химических реакций), а также предоставлять научно-популярный контент, например, экскурсии по музеям. В ЭБ реализованы методы и средства, интегрирующие научные ресурсы институтов памяти (библиотек, архивов, музеев) и предоставляющие возможность многоаспектного поиска таких объектов, как «персона», «публикация», «музейный предмет», «архивный документ», и навигации по найденным ресурсам.

Созданы качественные, с точки зрения зрительного восприятия, цифровые 3D-модели музейных предметов. Сформированы средства для описания информационных объектов, обеспечивающих удобный доступ к ним. Осуществлена интеграция цифровых 3D-моделей музейных предметов в тематические коллекции и погружение информационных объектов в электронную библиотеку. Созданы междисциплинарные мультимедийные цифровые коллекции. Создана методология формирования виртуальных выставок, включающих связанные цифровые объекты различных типов – тексты, изображения, 3D-модели музейных предметов, оцифрованные фрагменты кинофильмов. Эффективность методологии и ее востребованность подтверждены реализацией на базе информационных фондов электронной библиотеки «Научное наследие России» нескольких виртуальных выставок, представленных в открытом доступе в Интернет.

Разработана архитектура Единого цифрового пространства научных знаний, как составляющей цифрового информационного пространства, ориентированная на поддержку научных исследований, в том числе, междисциплинарных. Пространство включает

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>совокупность подпространств по различным областям науки, построенных по единым принципам, основанным на использовании онтологических стандартов, отвечающих требованиям Semantic WEB. Каждое подпространство содержит свой контент, включающий цифровые образы объектов реального мира с их связями; метаданные, отражающие свойства объектов; предметные онтологии (тезаурусы, термины, индексы классификационных систем, описывающие данную научную область). Объединение подпространств в единое целое обеспечивается за счет обобщенной онтологии. Обобщенная онтология характеризуется (а) наличием междисциплинарных связей внутри предметных онтологий и (б) наличием универсальных классов объектов, связанных с различными областями науки. К универсальным классам относятся объекты, онтологически не связанные с какой-то конкретной областью науки. Профили их метаданных, представленных в ЕЦПНЗ, не зависят от того, к какому тематическому подпространству они относятся. В каждом подпространстве, наряду с универсальными классами объектов, присутствуют свои (локальные) классы, специфичные для данного научного направления. Выявление локальных классов объектов, относящихся к тому или иному подпространству ЕЦПНЗ, определение профилей метаданных объектов каждого класса и видов связей между объектами одного и различных классов являются основными задачами при проектировании любого тематического подпространства ЕЦПНЗ. Контент каждого подпространства должен включать «базис» – фундаментальную, проверенную временем, информацию, относящуюся к данному научному направлению, и «надстройку» – новые научные результаты, прошедшие предварительную экспертизу. Базис представляет собой совокупность законов, постулатов, основных результатов, полученных в данной научной области, с отсылками на источники, в которых они опубликованы, и полные тексты этих источников. Контент базиса включает три взаимосвязанных уровня – образовательный, научно-популярный и фундаментальный.</p> <p>В части «разработка методов извлечения знаний и данных из текстов, а также методов оценки и повышения качества извлеченной информации». Была разработана онтологическая модель для извлечения математических фактов из математических текстов и их представления в виде семантического набора данных, интегрированного в облако Откры-</p>

	<p>тых связанных данных (Linked Open Data, LOD). Интеграция математических фактов в облако LOD делает возможным их совместное использование с данными, полученными из разных источников, а также его использованию для навигации, семантического поиска, рекомендательных системах и других сервисах информационной среды поддержки научных исследований. Разработан инструмент навигации по математическим фактам, интегрированным в облако LOD. В отличии от уже существующих к настоящему времени моделей, разработанная модель ориентирована на представление не только отдельных математических объектов, но и математических утверждений.</p> <p style="text-align: center;">ФНЦ НИИСИ РАН</p>
	<h2 style="text-align: center;">II. Физические науки</h2>
<p>8. Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости</p>	<p>Реализованы уникальные нанопереклучатели – приборы на основе монокристаллов VO_2, которые резко и обратимо изменяют свое сопротивление и при этом демонстрируют рекордную энергоэффективность (4,2 фДж), сравнимую с эффективностью нейрона, высокое быстродействие (<1 нс) и долговечность ($>10^{11}$ циклов). Переклучатель представляет собой нанокристалл VO_2 с двумя контактами, один из которых – внедренная в кристалл проводящая кремниевая нанопла (10 нм), что обеспечивает малое напряжение переклучения. Предложенная технология интегрируется в хорошо развитую кремниевую технологию, что обеспечивает ее дешевизну.</p> <p>Впервые выполнено экспериментальное исследование терагерцового фотосопротивления трехмерного топологического изолятора (3D-TI) на основе напряженной пленки HgTe. Изучены особенности терагерцового фотосопротивления, вызванного циклотронным резонансом (ЦР) поверхностных топологических фермионов Дирака (ДФ). На основе анализа измерений построена нетривиальная затворная зависимость циклотронной массы поверхностных Дираковских фермионов. При максимальных концентрациях электронов впервые для 3D-TI наблюдались индуцированные терагерцевым излучением $1/\text{B}$-периодические осцилляции, связанные с гармониками ЦР. Показано, что они аналогичны индуцированным микроволновым излучением осцилляциям сопротивления (МИРО), которые наблюдались ранее в высокоподвижных гетероструктурах на основе GaAs.</p> <p>Обнаружено многократное усиление фототока, связанного с межзонными оптическими переходами в квантовых точках, в диапазоне телекоммуникационных длин волн в массиве металлических нанодисков, сформированных на поверхности планарных фотодетекторов на основе квантовых точек Ge/Si, выращенных на подложках кремний-на-и-</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>золяторе. Теоретический анализ распределения компонент ближнего поля и спектры пропускания показали, что увеличение квантовой эффективности в области $\approx 1,6$ мкм связано с возбуждением локализованного поверхностного плазмонного резонанса на границе раздела металл/Si, а усиление фототока в диапазоне 1,2–1,3 мкм обусловлено генерацией смешанных плазмон-волноводных мод в слое КНИ.</p> <p style="text-align: center;">ИФ СО РАН</p> <p>Создан лабораторный генератор плазмы с магнитно-вихревой стабилизацией плазменного потока, в котором получены частицы со структурой ядро-оболочка ($Mg@C$)@Pd, обладающие высокой сорбционной способностью: количество запасенного водорода в течение 5-ти циклов составляет 6,95 вес. %. Этот результат коррелирует с ведущими мировыми достижениями в этой области.</p> <p style="text-align: center;">ИФ СО РАН</p> <p>Установлено, что максимальная скорость звука и минимальные значения кинематической вязкости и температуропроводности конденсированных сред определяются лишь фундаментальными постоянными.</p> <p>Впервые методом измерения адиабатического отклика получены экспериментальные данные о термодинамических свойствах воды до рекордно высоких давлений $P=1,2$ ГПа и температур до 473 К. Они свидетельствуют о несовершенстве известных эмпирических моделей и должны послужить толчком к развитию теоретического описания воды при высоких давлениях.</p> <p style="text-align: center;">ИФВД РАН</p> <p>Синтезирован уникальный двумерный материал таллен, представляющий собой аналог графена, образованный атомами таллия на поверхности монокристаллического слоя силицида никеля при пониженных температурах.</p> <p>Исследовано проявление эффекта Кондо в предельном двумерном случае, когда толщина металлической пленки имеет атомный масштаб, на примере поверхностной реконструкции $Au/Si(111)\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ со встроенными в нее атомами Cr. Сопротивление системы</p>

300 Ом, температура Кондо 70К. Установлено, что даже небольшая концентрация магнитной примеси может эффективно блокировать канал проводимости.
ИАПУ ДВО РАН

Показано, что в квазидвухмерных сверхпроводниках с сильной спин-орбитальной связью возможно формирование вихрей и майорановских фермионов под действием зеемановского поля. При этом зеемановское поле должно быть направлено параллельно поверхности плёнки. Показано, что цепочка вихрей формируется вдоль границы магнитного острова, также как и вдоль границы магнитных доменов. Предсказано, что на концах длинной нити магнитного изолятора на поверхности двухмерного топологического сверхпроводника могут возникать вихри сверхпроводящего тока, которые способны локализоваться в своём центре майорановские фермионы.
ИСАН

Впервые показано существование стабильных тетрамеров неорганических CBS-пирофосфатаз, выделенных из разных бактерий. Результаты, полученные с помощью малоуглового рентгеновского рассеяния в сочетании с методом эксклюзионной хроматографии, необходимы для понимания путей передачи информации между регуляторными и каталитическими центрами. Важность результатов обусловлена содержанием этих ферментов в некоторых опасных патогенах человека.

ФНИИЦ КиФ РАН, EMBL Humberg, (Германия)

Впервые зарегистрирован и исследован объемный пьезофотовольтагический эффект в кристалле ниобата лития с примесью железа ($\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$), исследованы его характеристики. Создание локальных пьезоэлектрических деформаций значительной величины ($\sim 10^{-4}$) в функциональных кристаллах бесконтактным способом при помощи освещения демонстрирует перспективы применения пьезофотовольтагического эффекта для задач стрейнтроники, для разработки принципиально новых архитектур компьютерной памяти и микроминиатюрных конденсаторов.

ФНИИЦ КиФ РАН

Синтезированы сверхпроводящие гидриды тория: ThH_4 , ThH_6 , ThH_9 и ThH_{10} . Это открывает путь к созданию комнатной сверхпроводимости.

ФНИИЦ КиФ РАН, Сколково, МФТИ, МИФИ, ESRF (Франция), ФИАН, NPU (Китай)

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>На подложках GaAs реализованы первые прототипы метаморфных светодиодных гетероструктур InSb/InAs/In(Ga,Al)As, излучающие в диапазоне 3,1–3,8 мкм со значением внутренней квантовой эффективности 5% при 300К, а также лазерные гетероструктуры, демонстрирующие стимулированное излучение на длине волны 2,86 мкм при 60К. метаморфные наногетероструктуры перспективны для электроники и оптоэлектроники среднего ик-диапазона 2,6–4,5 мкм.</p> <p>ФТИ Иоффе, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», A-Modelling Solutions Ltd (Великобритания), УрФУ, ИФМ УрО РАН</p> <p>Разработаны фундаментальные основы технологии сверхбыстрого лазерно-индуцированного изменения магнитной анизотропии и динамики намагнитченности в синтетическом мультиферроике CoFeV/BaTiO₃. Материал перспективен для ячеек магнитной памяти, управляемых электрическим полем, электрически-переключаемых волноводов для спиновых волн и др.</p> <p>ФТИ Иоффе, TU Dortmund и UniKonstanz (Германия), Aalto-university (Финляндия)</p> <p>Создан плазмонный интерферометр на основе графенового полевого транзистора, подключенный к специальным антеннам. Обнаружена чувствительность устройства к спиральности и фазе преобразования циркулярно поляризованного излучения в фотоэде постоянного тока, вызванной механизмом плазмонной интерференции: две плазменные волны, возбуждаемые на истоке и стоке транзистора, интерферируют внутри канала. Результаты имеют высокий потенциал использования для фазочувствительного исследования возбуждений плазменных волн в двумерных материалах.</p> <p>ИОФ РАН, МФТИ, UR (Германия), МПГУ, ФТИ Иоффе</p> <p>Впервые зарегистрирован сигнал магнитного резонанса в режиме, когда система типа «спиновая лестница» (C₅H₁₂N)₂CuBr₄ в области сильных полей находится в состоянии с захлопнутой энергетической щелью. Изучена солитонная мода магнитного резонанса в высокополевой фазе магнетика типа «спиновая лестница».</p> <p>ИФП Капицы РАН</p>

Впервые при наблюдениях нового состояния сверхтекучего гелия-3 (^3He) в планарном аэрогеле при температурах порядка 1 мК экспериментально доказано, что влияние магнитного рассеяния на сверхтекучесть проявляется при наличии любого вида анизотропии рассеивающих примесей. Полученные результаты важны для теории сверхтекучих жидкостей и сверхпроводников с триплетным спариванием.

ИП Капицы РАН, Metallurg Engineering LLS (Эстония), UPenn (США), ИТЭБ РАН

Впервые выявлена сильная анизотропия магнитокалорического эффекта в монокристалле людовигита Cu_2MnBO_5 . Обнаруженные особенности дают уверенность в том, что материал является наилучшим для криогенных холодильных машин.

ДФИЦ РАН; Institute of Low Temperature and Structure Research (Польша), Instituto de Fisica, Universidade Federal Fluminense (Бразилия), National Institute of Science and Technology (Южная Корея), University of South Florida (США), ИФ ФИЦ КНЦ СО РАН

Установлена физическая природа несимметричной формы резонансных линий в стационарных спектрах электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) растворов парамагнитных частиц, вызванная обменным взаимодействием частиц при бимолекулярных столкновениях и диполь-дипольным спин-спиновым взаимодействием. Дано объяснение появлению аномального «резонансного» отклика спинов за счет дополнительного вклада нерезонансных спинов в спектр поглощения ЭПР. Результаты можно обобщить на другие системы, в которых реализуется спектральная диффузия (электронные и ядерные спины, вызванные обратимыми химическими реакциями, т.н. химический обмен).

КФТИ КазНЦ РАН

Обнаружен хорошо выраженный латеральный эффект Джозефсона на поверхности магнитного вейлевского полуметалла $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$. Эффект хорошо выражен даже при больших (5 мкм) расстояниях между сверхпроводящими берегами. Для магнитных топологических полуметаллов эффект близости со сверхпроводником является новым и быстро развивающимся направлением исследований.

Впервые обнаружено формирование вихрей на свободной поверхности квантовой жидкости, сопровождающее возникновение естественной термогравитационной конвекции Рэлея-Бенара в объеме нагреваемого сверху слоя жидкого гелия при фазовом переходе жидкости из сверхтекучего в нормальное состояние. Нелинейное взаимодействие вихрей

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>между собой и с конвективными структурами в объеме слоя приводит к образованию двух крупномасштабных вихрей на поверхности жидкости в широком цилиндрическом сосуде.</p> <p>Открыты «сверхсветовые» электромагнитные плазменные волны в электромагнитном отклике высококачественных двумерных электронных систем на базе GaAs/AlGaAs наноструктур, выращенных на диэлектрической подложке. Установлено, что при больших плотностях двумерных электронов существует сильная гибридизация между плазменными и световыми модами Фабри-Перо. Показано, что возбуждение новых плазменных волн тесно связано с проблемой локального усиления электромагнитного поля. Полученный результат потенциально может позволить повысить на порядки чувствительность терагерцевых и ИК-детекторов электромагнитного излучения.</p> <p style="text-align: center;">ИФТТ РАН</p>
	<p>Изготовлены и исследованы джозефсоновские субмикронные структуры, использующие в качестве слабой связи совершенные монокристаллы топологического изолятора $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.3}\text{Se}_{0.7}$. Одиночные джозефсоновские переходы демонстрируют типичные джозефсоновские магнитотранспортные характеристики переходов с барьером из нормального металла. Джозефсоновские переходы с двумя монокристаллами в качестве слабой связи ведут себя как двухконтактные интерферометры (скивды). Сравнение с существующими теориями показало, что сверхпроводящий транспорт осуществляется в основном через баллистические каналы.</p> <p style="text-align: center;">ИФТТ РАН; МФТИ; ДИРС (Испания); КФУ; ВНИИА им.Н.Л. Духова; МГУ; LPEM, ESPCI Paris, Sorbonne Université, CNRS (Франция); МИФИ, НИТУ «МИСиС»; НИИЯФ МГУ, РКЦ; TNW, MESA+, INT (Нидерланды)</p>
	<p>Обнаружено металлическое состояние в сильно взаимодействующей бесспиновой двухдолинной электронной системе в ультра-высокоподвижных SiGe/Si/SiGe квантовых ямах в двух измерениях. Это контрастирует с предыдущими результатами, полученными на более разупорядоченных кремниевых образцах, где поляризующее магнитное поле вызывает полное подавление металлического температурного поведения.</p> <p style="text-align: center;">ИФТТ РАН; NTU (Тайвань); NEU (США)</p>

Экспериментальным путем обнаружена причина противоречия между теоретическим предсказанием притяжения магновов, и, следовательно, неустойчивости однородного состояния (коллапса) в явлении образования бозе-эйнштейновской конденсации магновов при комнатной температуре, и отсутствием коллапса. Экспериментально доказано, что увеличение плотности магновов в искусственно созданной потенциальной яме приводит к увеличению их энергии взаимодействия. Поэтому при постоянной параметрической нагрузке предположение о состоянии равновесия конденсата ошибочно, равновесие устанавливается лишь частично. Обнаружена очень большая подвижность магновов вдали от минимума плотности. Она указывает на близость к сверхтекучести, которой должен обладать когерентный конденсат.

Получены важные результаты для развития теории индуцирования квантового фазового перехода внешней диссипацией в системах с открытыми квантовыми точками. Обнаружена мезоскопическая стоуновская неустойчивость в открытых квантовых точках: подавление механизма Колмана-Вайнберга электронным туннелированием. Теоретические результаты представляют основу для экспериментальной проверки в одноэлектронных транзисторах с квантовыми точками из $\text{YFe}_2\text{Zn}_{20}$ и $\text{LuFe}_2\text{Zn}_{20}$.

ИТФ Ландау

Обнаружены высокодобротные моды связанных состояний в континууме в двумерном фотонном кристалле с Ge-наноостровками и увеличение сигнала люминесценции островков более чем на два порядка, что представляет интерес для кремниевой нанофотоники.

ИИФ РАН; Сколтех; ИФП СО РАН; ИГУ; ИТМО

Экспериментально продемонстрирована фазовая синхронизация больших массивов (до 9000) джозефсоновских контактов Nb/NbSi/Nb поверхностными электромагнитными волнами, распространяющимися вдоль границы ниобиевых электродов и подложки. Методом сканирующей лазерной микроскопии обнаружены геометрические резонансы, проявляющиеся в виде ступеней на вольт-амперных характеристиках и изображении стоячих волн. Обнаружено сверхизлучательное увеличение интенсивности сигнала с ростом числа активных контактов.

ИИФ РАН; Stockholm University (Швеция); University Tübingen (Германия)

Создан лабораторный рефлектометр высокого разрешения для экстремального УФ- и мягкого рентгеновского диапазонов для прецизионных измерений характеристик рентге-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>нооптических элементов – «настоольный синхротрон». Особенность конструкции в том, что для компенсации потерь эффективности монохроматора применяются зеркала-коллиматоры с двуслойным отражающим покрытием и дифракционная решетка с ионной полировкой штрихов. Рабочий диапазон длин волн прибора 1–60 нм, спектральное разрешение до 0,028 нм, размер зондирующего пучка на образце 0,32-0,14 мм², диаметр исследуемых образцов до 500 мм.</p> <p style="text-align: center;">ИПФ РАН</p> <p>Разработана технология синтеза интеркалатного соединения Cu_xZrSe₂ и постепенного изменения ширины его прямой запрещенной зоны. Управление переходом металл-полупроводник делает интеркалированный ZrSe₂ перспективным материалом для электронных устройств будущего.</p> <p style="text-align: center;">ИФМ УрО РАН; IM УрО РАН; Elettra-Sincrotrone Trieste, IOM-CNR, Laboratorio TASC (Италия)</p> <p>Построена квантовая теория электронного спинового транспорта в проводящих магнетиках, описывающая целый круг новых гальваномагнитных явлений, обусловленных действием на спин электронов проводимости сил, создаваемых пространственно-неоднородными внешними магнитными полями и/или внутренними полями квантового обменного происхождения.</p> <p style="text-align: center;">ИФМ УрО РАН</p> <p>Предсказано существование двух новых спин-транспортных эффектов в проводящих киральных гелимагнетиках, которые получили названия «электрический магнитокиральный эффект Штерна-Герлаха» и «кинетический магнитоэлектрический эффект Штерна-Герлаха». Определены условия возможности экспериментального наблюдения явления резонансного усиления новых эффектов до гигантских величин, получившее название «магнитокиральный кинетический резонанс».</p> <p style="text-align: center;">ИФМ УрО РАН</p>

	<p>Впервые экспериментально продемонстрировано электрическое возбуждение и де-тектирование с помощью обратного спинового эффекта Холла параметрических спиновых волн и спиновых токов в резонаторах объемных акустических волн, содержащих ферромагнитные пленки железиттриевого граната (YIG) в контакте с пленкой Pt. Результат представляет интерес для использования пьезоэлектрического возбуждения параметрических магнонов в низкоэнергетических устройствах магноники и микроволновой спинтроники.</p> <p style="text-align: center;">ИРЭ РАН; МФТИ</p> <p>Разработан управляемый по частоте детектор терагерцевых колебаний на основе наногетероструктуры антиферромагнетик – тяжелый металл. Диапазон непрерывной перестройки частоты от 450 до 0 ГГц. Чувствительность детектора переменных терагерцевых колебаний к переменному сигналу сравнима с чувствительностью современных детекторов, построенных на основе диодов Шоттки и Ганна. Детектор имеет потенциал применения для спинтроники и магноники.</p> <p style="text-align: center;">ИРЭ РАН; МЭИ; МФТИ; FELIX Laboratory, Radboud University (Нидерланды)</p> <p>Продемонстрировано гигантское оптическое усиление электронного парамагнитного резонанса на примере p-GaAs в случае оптического накачивания спина вдоль направления постоянного поля и в случае возбуждения спина периодическими лазерными импульсами перпендикулярно полю. В последнем случае обнаружен двойной резонанс при совпадении частот повторения лазерных импульсов, переменного поля и ларморовской прецессии.</p> <p style="text-align: center;">ФИАН</p>
<p>9. Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены, другие наноматериалы, а также метаматериалы</p>	<p>Методом магнетронного распыления на несущем $\text{NiO}/\text{ZrO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$ аноде сформирована тонкопленочная многослойная структура мембранно-электродного блока твердооксидного топливного элемента, включающая в себя $\text{NiO}/\text{ZrO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$ анодный и $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_3$ катодный функциональные слои, а также двухслойный $\text{ZrO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3 \text{Ce}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}\text{O}_{1.95}$ электролит. Вольтамперные характеристики многослойных топливных элементов были исследованы в диапазоне температур 800–600°C. Максимальная плотность мощности тонкопленочного топливного элемента составила 1990 и 430 мВт/см² при температуре 800 и 600°C, соответственно.</p> <p style="text-align: center;">ИСЭ СО РАН</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Изучен механизм транспорта заряда мемристора в в разных состояниях мемристора на основе SiOx. Экспериментальные ВАХ мемристора в начальном, высокоомном, промежуточном и низкоомном состояниях количественно описываются моделью тока, ограниченного пространственным зарядом (ТОПЗ). На основе модели ТОПЗ оценено эффективное значение радиуса средней площади поперечного сечения филамента ($r = 230$ нм в начальном состоянии), определено, что при переключении мемристора в разные состояния, радиус эффективного филамента в мемристоре изменяется с 1230 нм в начальном состоянии до 2,3 нм в высокоомном состоянии.</p> <p style="text-align: center;">ИФ СО РАН</p> <p>Экспериментально подтверждена предсказанная ранее возможность локализации света в дефектном анизотропном ЖК-слое одномерного фотонного кристалла за счет полной деструктивной интерференции двух световых пучков с ТЕ и ТМ поляризациями.</p> <p>Показано, что две кремниевые частицы в процессе вариации формы и расстояния между ними реализуют гибридные связывающие и анти-связывающие резонансные моды, аналогичные молекулярным орбиталям с беспрецедентными добротностями. Оптические пучки, резонансные этим модам приводят к гигантским силам притяжения или отталкивания, превышающим силы тяжести микронных частиц на 4–5 порядков в лазерных пучках с плотностью мощности 1мВт/мм². Аналогичный подход приложен к двум параллельным нанопроволокам прямоугольного сечения. Тогда вариация сечения проволоки и расстояния между ними также вызывает колоссальные оптические силы, которые способны изгибать стержни на несколько нанометров в расчете на микрон длины стержней.</p> <p style="text-align: center;">ИФ СО РАН</p> <p>Синтезирован в едином вакуумном цикле Ni-Al поверхностный сплав. Синтез осуществляется путем одновременного магнетронного напыления и последующего однократного облучения покрытия Ni-Al эквивалентного состава низкоэнергетическим сильноточным электронным пучком микросекундной длительности. Слой интерметаллида</p>

обладает повышенной твердостью, износостойкостью и высокими адгезионными свойствами по сравнению с аналогичным магнетронным покрытием.

ТНЦ СО РАН

Обнаружены крупные монокристаллы алмаза (до 100 мкм) наряду с нанокристаллами и нанографитом при исследовании урейлитовых метеоритов. Образование «крупных» кристаллов алмаза объясняется каталитическим эффектом Fe-Ni-C расплава, сосуществующего с графитом во время длительного (до 5 сек) катастрофического ударного воздействия при столкновениях планетезималей по аналогии с экспериментами в статических условиях с импульсным синтезом алмаза из графитовой фазы.

ИФВД РАН совместно с UNIPD (Италия), USRA (США)

Впервые показано, что линейная структура молекул органических соединений не является препятствием для химически индуцированного низкотемпературного синтеза нанокристаллов из органических веществ. Экспериментальное доказательство основано на изучении механизма химически индуцированного превращения поливинилхлорида (ПВХ) под давлением и механизма дегидрохлорирования поливинилхлорида (ПВХ ($C_2H_3Cl)_n$), полимера с линейной структурной молекулы, в процессе пиролиза. Установлены условия образования нанокристаллов размером 1–4 нм. Результаты применимы для использования в нано- и оптоэлектронике.

ИФВД РАН, ФИИЦ КИФ РАН, ФИАН

Впервые идентифицированы КРС-фононы в области $109-256\text{ см}^{-1}$ в нанокристаллических $CaSi$ -пленках. При синтезе пленок установлены условия формирования аморфного Ca_2Si с прямой шириной запрещенной зоны (1,16 эВ), двухслойной структуры $Ca_2Si/CaSi/Si(100)$, аморфной матрицы со встроенными нанокристаллами $CaSi$ с размерами 3–7 нм.

ИАПУ ДВО РАН совместно с NIRDTP (Венгрия)

Обнаружен эффект лазерной генерации в новых фотонных жидкокристаллических системах. Эти системы основаны на индуцированном полем ориентационном переходе в состоянии с лежащим в плоскости слоя деформированным геликоидом (DLH). Полученные результаты открывают новые перспективы в создании и исследовании низкотемпературных микролазерных систем на основе фотонных жидких кристаллов.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Определены структура и свойства кристаллов-суперпротоионов. Установлено, что формирование динамически разупорядоченных сеток водородных связей – есть механизм появления высокой проводимости. Впервые установлено образование при комнатной температуре суперпротонной фазы в кристаллах $(K1-x(NH_4)_x)H(SO_4)_2$, обусловленное соотношением заселенностей позиций K/N и закономерной координацией групп NH_4^+. ФНИИ КиФ РАН</p> <p>Создан новый метод «аккумулирующей интенсивной пластической деформации кручением» (АКИПДК), позволяющий преодолеть эффект «проскальзывания», когда интенсивность пластической деформации кручением у металлических материалов оказывается значительно меньше ожидаемой. Методом сформированы наноструктурные состояния в титановом сплаве $Ti_{18}Zr_{15}Nb$, эффективным для медицинского применения. ИФМК УФИЦ РАН, УГАТУ, НИТУ «МИСиС»</p> <p>Впервые в России разработана масштабируемая технология синтеза железосодержащих сверхпроводников на основе метода «механического сплавления» при низкой температуре. С ее помощью синтезированы сверхпроводящие соединения на основе $BaFe_2As_2$ с электронным (Ni) и дырочным (K) допированием. Материалы перспективны для создания на их основе токонесущих ВТСП-проводов для применений в технике сильных магнитных полей. ФИАН</p> <p>Обнаружен гигантский квадратичный магнитооптический эффект Керра (КМЭК) в пленках $(Eu,Gd)O$ и EuO. В плёнке $(Eu_{0.97}Gd_{0.03})O$ в области энергий фотонов $\sim 1,85$ эВ КМЭК достигает величины 1 градуса. Эффект может быть использован для создания векторных датчиков слабых магнитных полей. ФТИ Иоффе, НИЦ «КИ»</p> <p>Получены и охарактеризованы плотные диэлектрические керамики на основе жидких прекурсоров, демонстрирующие колоссальную диэлектрическую проницаемость на низ-</p>

ких частотах. Показано, что гигантский рост эффективного отклика керамик на низких частотах связан с зарядовой поляризацией на границах зерен.

Впервые получены светоизлучающие полевые транзисторы (СИ-ПТ) на основе композитных пленок нанокристаллов (НК) неорганических перовскитов (CsPbI_3 , CsPbBr_3) в матрице полупроводниковых полимеров. Температурная зависимость подвижности свидетельствует о прыжковом механизме транспорта. Полученные структуры на основе НК перовскитов в матрице полупроводниковых полимеров совмещают в себе переключающие свойства ПТ с высокой подвижностью носителей и светоизлучающие свойства светодиодов. Такие структуры совместимы с технологией гибкой печатной органической электроники.

ФТИ Иоффе

Обнаружены рекордно узкие линии люминесценции одиночных центров «кремний-вакансия» (SiV) в наноалмазах, синтезированных из алмагантана. Ширина одиночной линии люминесценции имеет рекордно малое значение 94 МГц, т.е. определяется исключительно временем жизни возбужденного состояния SiV -центра. Таким образом «адамантановые» наноалмазы встали в ряд наиболее перспективных материалов для квантовых нанотехнологий.

ИОФ РАН; ИФВД РАН; МРЛ (Германия), ФТИ Иоффе

Созданы элементы стойкой алмазной и кремниевой оптики для мощных источников излучения ТГц-диапазона. Разработаны гибкие и высокоэффективные методы прецизионного лазерного профилирования поверхности кремниевых пластин, а также последующей репликации созданного рельефа на поверхность поликристаллического алмаза в процессе CVD синтеза.

ИОФ РАН; СНИУ им. С.П. Королева; ИЯФ СО РАН

Получены новые гомогенные медицинские сплавы на основе Ti-Nb-Ta-Zr. Биосовместимость сплавов подтверждена результатами по имплантации сплавов в виде пластинок или закольцованной проволоки. Материалы потенциально пригодны для использования в медицине и ветеринарии.

ИОФ РАН совместно с ИММ им. А.А. Байкова РАН и ПНЦ РАН

Выполнены ультрачувствительные измерения концентраций молекул РНК/ДНК с помощью нового разработанного способа на основе комбинации наночастиц золота и

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>одноцепочечных молекул ДНК. Достигнута рекордная чувствительность вплоть до концентрации ДНК 30 фМ в чрезвычайно малом объеме 20 мкл и быстро (15 минут) простом иммунохроматографическом анализе, который можно проводить даже в полевых условиях. Достигнутый предел обнаружения находится на уровне 3·10⁵ молекул ДНК в капле крови, что перспективно для разработки новых средств диагностики заболеваний.</p> <p>ИОФ РАН; МФТИ</p> <p>Создан задел для разработки промышленной технологии ультра-высокотемпературных оксид-молибденовых композитов. Разработка наследует положительные свойства разрабатываемых и использованных в качестве матрицы молибденовых сплавов (сопротивление окислению) и волоконных композитов (трещиностойкость, сопротивление ползучести).</p> <p>ИФТГ РАН</p> <p>Впервые в мире получены высокопрочные и пластичные мелкозернистые сплавы на медной основе с термоупругими мартенситными превращениями и обусловленными ими эффектами памяти формы (ЭПФ) и разработаны новые способы их создания для широкого применения. Высокопрочные и пластичные эвтектичные сплавы на основе Cu-Al-Ni с эффектами памяти формы разработаны для широкого практического применения в технике и медицине.</p> <p>Получены бинарные и тройные композитные проводники с большим количеством Mg-волокон в медной или алюминиевой матрице, изучена их структура, прочностные и электрические свойства. Результаты работы предназначены для создания высокопрочных проводников электрического тока, а также для получения ультратонких Mg-нитей, требованных в хирургии в качестве биоразстворимого шовного материала.</p> <p>ИФМ УрО РАН</p> <p>Создан квантовый каскадный лазер с оптическими переходами «связанное состояние – квазиконтинуум», излучающий на длине волны 7,4 мкм и работающий при температуре до 371 К.</p> <p>ФИАН</p>

<p>10. 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</p>	<p>Создан первый в России оптический стандарт частоты на квадрупольном переходе локализованного в пространстве одиночного иона иттербия. Стандарт предназначен для использования в составе высокоточных измерительных комплексов в системах навигации, в том числе в наземном сегменте системы ГЛОНАСС. Оптический стандарт демонстрирует долговременную нестабильность частоты ~10–17. По совокупности параметров стандарт частоты не имеет отечественных аналогов, находится на уровне лучших мировых образцов и является оптимальным кандидатом для систем бортового базирования.</p> <p>ИЛФ СО РАН</p> <p>Впервые экспериментально продемонстрировано когерентное распространение и усиление оптических импульсов в многосердцевинных световодах (использовано 6 взаимодействующих сердцевин, расположенных по кругу). Аналитически и численно показано, что противofазная мода устойчива к деформации структуры световода, а при увеличении мощности вплоть до самофокусировочного предела в каждой из сердцевин деформированного световода происходит выравнивание интенсивностей. Для световода с 24 сердцевинами, расположенными в вершинах семи шестиугольников, найдены устойчивые в нелинейном режиме противofазные моды, а также показана возможность распространения импульсов с солитонной временной формой и пространственной структурой в виде противofазной моды.</p>
	<p>ИПФ РАН, ИХВВ РАН, ИОФ РАН</p> <p>Разработаны и исследованы мощные квантово-каскадные лазеры (ККЛ) для спектральных диапазонов 4,5 и 8 мкм, генерирующие излучение при комнатной температуре. Оптимизация состава гетеропар, количества квантовых каскадов и параметров волновода позволило для обоих диапазонов достичь выходной мощности в импульсном режиме более 10 Вт с одного излучателя. Максимальная мощность 13 Вт, полученная на длине волны 8 мкм, является рекордной для этого спектрального диапазона.</p> <p>ФТИ Иоффе</p> <p>Впервые разработан и продемонстрирован новый универсальный, эффективный метод «автокомпенсации полевого сдвига в атомных часах», в котором осуществляется опрос атомной системы по схеме двух чередующихся последовательностей различной мощности P1 и P2. В методе помимо частоты вводится и стабилизируется допол-</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>нительный «искусственный» полевой сдвиг, который также пропорционален мощности пробного поля Р. Метод апробирован экспериментально в миниатюрных атомных часах, использующих резонанс когерентного пленения населенностей в парах атомов рубидия. Метод может широко использоваться для создания прецизионных квантовых сенсоров, а также коммерческих квантовых часов, включая миниатюрные атомные часы (chip-scale atomic clocks).</p> <p>ИЛФ СО РАН</p>
	<p>Впервые теоретически и экспериментально продемонстрировано преодоление дифракционного предела Аббе при использовании жгута сапфировых оптических волокон субмиллиметрового диаметра с высоким показателем преломления ($n > 3$) в ТГц-диапазоне частот. Разрешение жгута достигло 0,3λ. Разработанный принцип может быть транслирован в любой спектральный диапазон при наличии материалов волоконной оптики с высоким показателем преломления.</p> <p>ИОФ РАН, ИФТТ РАН, СГУ им. Н.Г. Чернышевского</p>
	<p>Разработан новый метод светозативной конвертации стандартных линейно-поляризованных лазерных пучков в цилиндрически поляризованные пучки с помощью тонкопленочных диэлектрических структур.</p> <p>ИАИЭ СО РАН</p>
	<p>Впервые предложен и экспериментально апробирован уникальный метод дистанционной репродукции временного профиля давления ультразвукового пучка в воде по спектру комбинационного рассеяния (КР). Метод основан на физическом явлении индуцированного давлением ультразвука смещения гравитационного центра ОН-полосы КР молекул воды из-за увеличения вклада низкочастотного крыла, а также на изменении амплитуды линии рэлеевского рассеяния на наведенной ультразвуком модуляции показателя преломления. Полученные результаты имеют и фундаментальное, и практическое значение. Например, при дистанционном обнаружении и мониторинге динамических процессов сжа-</p>

тия-растяжения в воде, включая даже те, которые характеризуются малыми временами и большими амплитудами.

ИОФ РАН

Впервые в мире создан субпикосекундный газовый волоконный лазер среднего ИК-диапазона (920 фс, 10 мкДж, 2,68 мкм). В качестве активной среды использовался револьверный волоконный световод, заполненный дейтерием. Полученные результаты открывают новые перспективы для разработки в среднем ИК-диапазоне лазерных источников различных типов, таких как частотные гребенки, источники суперконтинуума и источники ультракоротких импульсов длительностью в несколько периодов световой волны.

ИОФ РАН, ИСАН

Экспериментально исследовано ускорение электронов полем кильватерной лазерно-плазменной волны в сильно несогласованном режиме. Диаметр сфокусированного лазерного пучка на входе в газовую ячейку (44 мкм) в два раза превышал так называемый согласованный диаметр – поперечный размер пучка, сохраняющийся при распространении вследствие взаимной компенсации самофокусировки и дифракционного распыления. Экспериментально показано, что энергия электронов в несогласованном режиме может быть больше, чем в согласованном, и превышать 1 ГэВ при энергии лазерного импульса 20 Дж с длительностью 60 фс, фокусируемого с числовой апертурой F/46. Экспериментальные результаты подтверждают результаты трехмерного моделирования динамики лазерного импульса в плазме методом частиц в ячейках, а также численного моделирования распределения газа внутри газовой ячейки.

ИПФ РАН

Показано, что одиночная свободно падающая капля жидкого металла может служить источником направленного ТГц-излучения при ее возбуждении двумя фемтосекундными лазерными импульсами одинаковой частоты. Совместная генерация рентгеновского, УФ- и ТГц-излучения показывает, что свободно падающая фотовозбужденная капля жидкого металла является перспективным источником многочастотного электромагнитного излучения для экстремальной нелинейной фотоники.

ИСАН, ФНИИЦ КИФ РАН, МФТИ, ФИЦ ИИМ РАН, МГУ, ИЯФ СО РАН, НГУ, МИСиС, ИМЕР-LaNC (Франция)

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Экспериментально исследована статистика фотонов люминесценции одиночных субмикронных кристаллов перовскитов метиламмония йодида свинца (MAPbI_3), в которых проявляется ярко выраженный эффект мерцания (скачкообразного обратимого изменения интенсивности люминесценции). Полученный результат позволил провести критический анализ двух эмпирических моделей, ранее предложенных для объяснения эффекта мерцания в субмикронных кристаллах перовскитов. Эксперимент подтвердил применимость модели суперэффективных ловушек и исключил модель излучающих центров из рассмотрения в качестве объяснения механизма мерцания.</p> <p>ИСАН, CPNLU (Швеция)</p> <p>Экспериментально обнаружено, что при формировании солитонов в оптической среде порог по мощности кардинально изменяется при переходе формы ее структуры от периодической к аperiodической. Результаты открывают новые перспективы для управления дифракцией, структурой светового поля, а также проливают свет на физику формирования солитонов в аperiodических, но не разупорядоченных оптических средах.</p> <p>ИСАН; SJTU, NCCU (Китай), ICFO, UPC (Испания), ULisboa (Португалия)</p> <p>Впервые в моноизотопном кристалле YLiF_4 (обогатленном изотопом Li-7), легированном трехвалентными ионами Er-167 (концентрация 0,0025 ат.%), исследован эффект электромагнитно-индуцированной прозрачности. Результаты представляют интерес для разработки твердотельных управляемых оптических линий задержек и устройств оптической квантовой памяти на телекоммуникационных длинах волн.</p> <p>КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН, КФУ, SaarlandUniversity, FzJülich (Германия)</p> <p>Экспериментально установлено высокоэффективное нестационарное вынужденное комбинационное рассеяние субпикосекундных лазерных импульсов в кристалле BaWO_4. Показано, что такая эффективность является следствием значительного уширения спектра импульса из-за эффекта фазовой самомодуляции, что обеспечивает высокую мощность Стоксовой заправки и увеличение эффективности ВКР. Наблюдаемый эффект открывает</p>

возможность генерации УКИ среднего ИК-диапазона методом генерации разностных частот с последующим усилением в CO₂-лазерном усилителе высокого давления.

ФИАН

Разработан и продемонстрирован метод контроля излучательными и безызлучательными каналами спонтанной ИК-фотолюминесценции нанослой квантовых точек теллурида ртути (HgTe), помещенных на упорядоченный массив плазмонных наноструктур. Метод перспективен для реализации систем ночного наблюдения и охраны, сенсоров и микролазеров.

ИАНПУ ДВО РАН совместно с UTS, SUT, MCN (Австралия), CUG, CityUHK, HKCU (Китай)

Впервые создана электроуправляемая секторная спиральная фазовая пластинка (ССФП) на основе спиральной наноструктуры жидкокристаллического сегнетоэлектрика, работающая как электрооптическая среда пространственно-временного модулятора света, обеспечивающего формирование и реконфигурацию аксиально-симметричных вихревых световых полей с частотой до 3 кГц. Это на один-два порядка больше, чем у известных жидкокристаллических генераторов вихревых световых полей, используемых в качестве современных световых фазовых магрик, в том числе в квантовых пинцетах.

Экспериментально показано, что эффективность генерации ТГц-излучения в скин-слое металла при воздействии короткого лазерного импульса значительно возрастает при нанесении на металлическую поверхность нанослоя широкозонного диэлектрика. Причиной усиления генерации является интерференция падающей и отраженной высокочастотных волн в диэлектрике.

ФИАН

Создан прототип нового субмиллиметрового оптического датчика нулевого и слабого магнитного поля на основе азотно-вакансионных (NV) центров окраски в микрокристалле алмаза. В основу принципа работы датчика положен обнаруженный эффект магнитоэлектричества сигнала оптически детектируемого магнитного резонанса в NV-центрах окраски в кристалле алмаза при ВЧ-возбуждении в слабых магнитных полях. Чувствительность устройства ~3 нТл в объеме кристалла 0,01 мм³, датчик работоспособен в нулевых полях и не использует СВЧ-излучение, он биосовместим, что делают его перспективным для инвазивной магнитоэнцефалографии и других биомедицинских задач.

ФТИ Иоффе

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Разработаны эрбиевые одночастотные РОС-лазеры (лазеры с распределенной обратной связью) с рекордными рабочими параметрами. РОС-лазеры, сформированные с мощностью фемтосекундного ИК-лазера, имеют ультракороткий резонатор длиной 5,3 мм; РОС-лазеры, полученные в композитном волокне с помощью непрерывного УФ-лазера, обладают максимальной эффективностью в длинном 40 мм резонаторе. Характеристики лазеров оптимизированы для применений в биомедицине и распределенного мониторинга температуры, деформаций и акустической эмиссии в композитных материалах.</p> <p>Осуществлена генерация в TiSa-лазере с накачкой от лазерных диодов в режимах непрерывного излучения (CW) и модуляции добротности с синхронизацией мод (QML). В CW режиме получена выходная мощность 1 Вт, в QML режиме – 300 мВт, длительности импульса 200–250 фс.</p> <p style="text-align: center;">ИАИЭ СО РАН</p> <p>Продемонстрирована компенсация турбулентных искажений при передаче лазерного излучения по протяженной атмосферной трассе методами нелинейной и адаптивной оптики на атмосферной трассе длиной 1150 м. Плотность энергии в фокусе увеличена более чем на порядок, эффективность компенсации искажений, вносимых турбулентной атмосферой, возросла за счет комбинирования обращенного волнового фронта и традиционных средств адаптивной оптики.</p> <p style="text-align: center;">ИПФ РАН, ИОА СО РАН</p> <p>Лазерным баллистическим гравиметром на базе Nd:YAG/12-лазера с рабочей длиной волны 532 нм проведены прецизионные оптические измерения неупругих вариаций ускорения силы тяжести Δg на двух пунктах сейсмоактивной зоны Горного Алтая и на базе морской экспедиционной станции «Мыс Шульца» Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН на полуострове Гамова в зоне перехода «континент-океан». Результаты вносят необходимые поправки в модель океанического прилива для прогнозирования землетрясений и будут востребованы при решении фундаментальных задач геодинамики.</p> <p style="text-align: center;">ИАИЭ СО РАН</p>

<p>11. Фундаментальные основы лазерных технологий, включая обработку и модификацию материалов, оптическую информатику, связь, навигацию и медицину</p>	<p>Разработано сверхбыстрое и сверхчувствительное обнаружение и визуализация методами биотоники единичных молекул сердечного тропонина-Т, а также процессов агрегации низкомолекулярных белков в изучении болезней Альцгеймера и Паркинсона. Новые методы диагностики открывают беспрецедентные возможности для визуализации, мониторинга и зондирования на уровне отдельных биомолекул, а также более крупных объектов, включая патогенные вирусы и бактерии.</p> <p>ИСАН; МГУ; Сеченовский университет; НИУ ВШЭ; KDSI Ltd.; ИВНД и НФ РАН (ИСАН, ИБХ РАН, ИВНД и НФ РАН, МГУ; Сеченовский университет; НИУ ВШЭ, МФТИ, TAMU (США)</p> <p>Разработан и создан сапфировый игольный капилляр с микрофокусировкой для лазерной терапии и хирургии. Игольный капилляр обладает высококачественной гладкой поверхностью, высокой прозрачностью для видимого и ближнего ИК-излучения, высокой термической и химической стойкостью, а также сложной формой наконечника, который защищает кварцевые волокна.</p> <p>ИФТТ РАН; Сеченовский университет; ИОФ РАН; СГУ им. Н.Г. Чернышевского</p> <p>Разработан неструктивный метод фемтосекундной проекционной лазерной литографии пассивных и активных фотонных микроэлементов в пленках свинцово-галогенидных перовскитов ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$). Метод позволяет неструктивно изготавливать из перовскитов дифракционные микрорешетки с периодом до 400 нм и микрополосковые лазеры шириной до 500 нм. Продемонстрирована перспективность использования технологий в области сверхплотной записи и хранения оптической информации, квантовой коммуникации, солнечной электроэнергетики и т.д.</p> <p>ИАПУ ДВО РАН</p> <p>Разработан новый метод формирования фазовых сдвигов произвольной величины в структуре волоконной брэгговской решетки (ВБР) при поточечной фемтосекундной записи. Методом изготовлены высококачественные резонаторы волоконных лазеров с разделенной обратной связью (РОС) на основе ВБР. РОС-лазеры перспективны для компактных высокочувствительных датчиков физических величин, оптических линий связи, задающих источников для высоко когерентных лазерных систем.</p> <p>ИАиЭ СО РАН</p>
--	---

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Показана ограниченность топологической защищенности характеристик структур лазерного излучения и выявлены механизмы изменения топологического заряда в коаксиальном лазере. Результаты позволяют установить пределы топологической защищенности информации при ее оптической записи и обработке; они также могут найти применения в широком круге задач гидродинамики, сверхпроводимости и электропроводности твердых тел.</p> <p style="text-align: center;">ФТИ Иоффе</p> <p>Впервые экспериментально обнаружено влияние мощности накачки и температуры на генерацию сильно легированных эрбиевых волоконных лазеров, при этом найдено, что частота и длительность генерации импульсов при работе лазера в режиме пассивной модуляции добротности не зависит от длины волны накачки (1490 и 976 нм).</p> <p style="text-align: center;">ИРЭ РАН, МГУ</p> <p>Исследованы квантовые микроскопические механизмы формирования заданных оптических центров на базе точечных дефектов в кристаллической структуре алмаза. Результаты направлены на развитие технологий невидимой (фотолюминесцентной) объемной микромаркировки легальных природных алмазов, развиваемой в РФ и мире для их промышленного отслеживания (трейсинга) на фоне быстрого развития технологий производства высококачественных синтетических алмазов, исследованы атомистические процессы лазерной генерации оптических центров в объеме алмазов.</p> <p style="text-align: center;">ФИАН; ПАО «Алроса»</p> <p>Экспериментально установлены параметры лазерной абляции биообразований подводных объектов легли в основу нового метода лазерной роботизированной подводной очистки технических объектов. Создана эффективная, экологически чистая и безопасная технология лазерной очистки подводной поверхности судов, гидротехнических сооружений и сенсоров от биообразований.</p> <p style="text-align: center;">ИАПУ ДВО РАН</p>

Контроль кристаллического совершенства вещества по характеристикам отраженной второй гармоники зондирующего лазерного излучения успешно использован для экспрессной неразрушающей характеристики кристаллического состояния КРТ-структур в процессе отработки технологии их выращивания.

КТИ НП СО РАН

Исследованы характеристики обменных процессов малых газовых примесей (потоки и скорости сухого осаждения) между атмосферой и подстилающей поверхностью для разных сред (почва, лесная растительность) на основе градиентных измерений концентрации газовых примесей, динамических характеристик атмосферы на юго-восточном побережье оз. Байкал. Получены количественные оценки потоков и скорости сухого осаждения озона на подстилающую поверхность в регионе оз. Байкал. Средние значения скорости сухого осаждения озона $Vd(O_3)$ и потока $F(O_3)$ в лесном массиве $0,34 \text{ см/с}$, $0,24 \text{ мкг/м}^2\cdot\text{с}$ (ночь) и $0,91 \text{ см/с}$, $0,72 \text{ мкг/м}^2\cdot\text{с}$ (день); над почвенной растительностью $0,15 \text{ см/с}$, $0,55 \text{ мкг/м}^2\cdot\text{с}$ (ночь) и $0,33 \text{ см/с}$, $0,26 \text{ мкг/м}^2\cdot\text{с}$ (день).

ИФМ СО РАН

Лазерный послойный синтез изделий с заданной геометрией из жидкостных и пастообразных композиций на основе медных и серебряных порошков (включая наночастицы) с последующей лазерной постобработкой инициирующей фото- и термохимические реакции отверждения реализован в экспериментальной установке. Разработаны системы управления и программного обеспечения установки.

Разработан комбинированный лазерный принтер для работы с металлическими и керамическими порошками на основе модуля с мощным волоконным лазером (500 Вт) и модуля с фемтосекундным лазером мощностью 20 Вт. Принтер работает с высокотемпературными металлическими порошками, обеспечивает аддитивное и субтрактивное формообразование, а также постобработку на основе термохимических реакций, абляции и полировки. Созданы тест-структуры с заданной геометрией, прочностью и шероховатостью.

Реализована оригинальная технология лазерной микрообработки хрупких диэлектрических материалов с помощью фемтосекундных источников излучения, обеспечивающая максимальную производительность при отсутствии дефектов в виде сколов, микротрещин и бургтиков (технология внедрена на предприятии ВОМЗ (Вологда)).

ИАИЭ СО РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Разработан радиометрический метод среднего ИК-диапазона определения пироэлектрических и электрокалорических характеристик объемных материалов и тонких пленок. Метод основан на использовании новых полупроводниковых узкополосных быстродействующих сенсоров среднего ИК-диапазона. ФТИ Иоффе</p>
<p>12. Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических методов связи, локализации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений</p>	<p>Реализованы методы и технологии мониторинга состояния подстилающей поверхности (лесные массивы, озерные ледовые покровы) на основе данных глобальных навигационных спутниковых систем в результате восстановления электрофизических характеристик природных сред методами рефлектометрии и радиоскопии. ФИЦ КНЦ СО РАН</p> <p>Разработан и экспериментально апробирован метод управления пространственной структурой синтезированных оптических полей на основе сложения излучения матрицы волоконных лазеров. Основным преимуществом метода является возможность высокоскоростного управления распределением интенсивности, радиусом когерентности и орбитальным угловым моментом (ОУМ) синтезированного лазерного пучка. Использование оптоволоконных элементов позволяет управлять фазой и величиной ОУМ с частотой более 1010 Гц. При этом достигается высокая стабильность установления амплитуд и фаз излучения на волоконной матрице, и тем самым обеспечивается стабильность заданного распределения интенсивности в плоскости фокусировки. Формирование пучков заданной формы необходимо при решении задач лазерной обработки материалов, транспортировки оптической энергии в атмосфере, организации конфиденциальной беспроводной оптической связи. ИОА СО РАН</p> <p>Создан программный комплекс «SATES», реализующий численное решение широкого класса задач акустического проектирования механо-акустических систем. Комплекс базируется на совокупности высокопроизводительных авторских методов: суперэлемент-</p>

ной дискретизации механоакустических систем, моделирования гидродинамических шумов в сквозной постановке «гидродинамика – упругое тело – акустика», локализации источников повышенной виброактивности, верификации и автоматизированной корректировке численных моделей. Клиент-серверная кластерная архитектура ПО «SATES» обеспечивает оперативную (несколько часов для натуральных объектов с десятками миллионов степеней свободы) оценку эффективности конструктивных решений путем проведения численных экспериментов с использованием суперкомпьютерных акустических двойников. Комплекс внедрен в ведущих проектных организациях и используется для проектирования малозумных изделий и анализа акустических дефектов, выявленных в ходе натуральных испытаний.

ИПФ РАН, РФЯЦ-ВНИИЭФ, ОКБМ Африкантов

Исследовано континуальное поглощение водного пара в спектральном диапазоне 15–700 cm^{-1} с помощью Фурье-спектрометра с использованием синхротронного излучения при температурах 296К и 326К. Экспериментальные данные о величине и температурной зависимости континуума в диапазоне 84–365 cm^{-1} получены впервые. Сравнительный анализ полученных данных с результатами *ab initio* расчетов спектра димера воды подтвердил доминирующую роль димеров (H_2O)₂ в формировании континуума водяного пара мм-субмм диапазона и существенного вклада других механизмов формирования континуума (крыльев резонансных линий и метастабильных парных состояний) в более высокочастотной области дальнего ИК диапазона.

ИПФ РАН, ИОА СО РАН, ESRF (Франция)

Впервые установлено существование в диссипативной динамической системе общего положения (системе без симметрий) нового типа детерминированного хаоса – смешанной динамики, принципиально отличающегося как от хаотического консервативного, так и от хаотического диссипативного поведения. Система описывает динамику двух адаптивно связанных фазовых осцилляторов. В пространстве параметров системы выделены области, в каждой из которых хаотические аттрактор и репеллер пересекаются, образуя замкнутое инвариантное множество из траекторий, принадлежащих как аттрактору, так и репеллеру, т.н. обратимое ядро, являющееся образом смешанной динамики в фазовом пространстве. В отличие от хаотического аттрактора, обратимое ядро не притягивает никаких траекторий, но удерживает в своей малой окрестности все положительные и от-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>рищательные полутраектории. Результат вносит фундаментальный вклад в современную теорию хаоса.</p> <p>ИПФ РАН</p> <p>Показано, что рассматриваемая на всей временной оси задача Уитни (балансирующее перевернутое маятника, находящегося под действием заданной горизонтальной силы $f(t)$, зависящей от времени) имеет единственное решение. Впервые поставлен вопрос о вычислении его статистических свойств в случае стохастической накачки $f(t)$. Известно, что для любой $f(t)$ можно так подобрать начальное положение маятника, что он всегда будет оставаться в верхней полуплоскости в процессе дальнейшей эволюции. С привлечением суперсимметричного формализма построено аналитическое решение для функции распределения $P(\theta, p)$ угла θ и скорости $p = d\theta/dt$ никогда не падающей траектории в предельно малом времени корреляции шума. Вычислена ляпуновская экспонента, характеризующая неустойчивость падающей траектории. Разработанный подход имеет множество неожиданных пересечений с теорией управления, одномерной гидродинамикой, теорией минимайзеров, статистикой редких событий в стохастической динамике, теорией неупорядоченной сверхпроводимости и другими областями математической и теоретической физики.</p> <p>ИТФ Ландау РАН</p> <p>Разработан и реализован в прототипе медицинского прибора новый метод биомедицинской диагностики – компрессионная оптическая когерентная эластография (ОКЭ). Метод заполняет нишу между макроскопической ультразвуковой эластографией и методами нано-идентификации с субклеточным разрешением. Метод визуализирует локальные деформации различной природы (термо-механические, осмотические и т.п.), а также, с детализацией до масштаба ~ 10 клеток, неинвазивно картирует текущий модуль Юнга для выбранной величины давления на ткань по получаемой для нее нелинейной зависимости «напряжение-деформация». ОКЭ позволяет контролировать чистоту границы резекции на свежих образцах рака груди и выполнять экспресс-оценку его подтипа/агрессивности</p>

	<p>по спектру упругих свойств ткани, а также делает возможным количественный мониторинг <i>in vivo</i> морфологических изменений в опухоли при ее росте и ответе на лечение. ОКЭ-метод не имеет аналогов в мире и открывает перспективы для решения широкого круга медицинских задач высокой социальной значимости (в онкологии, офтальмологии, регенеративной медицине и др.)</p> <p>ИПФ РАН, ПИМУ, ФИЦ «Кристаллографии и фотоники РАН»</p>
<p>13. 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</p>	<p>Исследован твердотельный SOS+MCL подход (SOS-генератор с линиями магнитной компрессии энергии) по генерированию сверхмощных пикосекундных импульсов. В коаксиальной линии сформированы импульсы длительностью ~ 100 пс и амплитудой 1,9 МВ. Для генераторов электрических импульсов реализованы рекордно высокие скорости нарастания выходного напряжения (26 МВ/нс) и тока (0,5 МА/нс). Для твердотельных импульсных систем получены рекордно высокие значения пиковой мощности (77 ГВт) и скорости ее нарастания (1,6 ТВт/нс).</p> <p>ИЭФ УрО РАН</p> <p>В атмосферном промежутке с резко неоднородным электрическим полем при росте потенциала острейного катода быстрее 1 МВ/нс впервые наблюдался поток убегающих электронов (УЭ) с длительностью не более 10 пс. Согласно численной модели, продолжительность эмиссии УЭ определяется временем существования сильного, критического для убегающих электронов электрического поля на границе расширяющейся катодной плазмы, снизу оцениваемым по скорости ионизации газа в таком поле в 2–3 пс. Показано, что аналогичные радиальные потоки УЭ приводят к кратному сокращению времени развития пробоя воздушной коаксиальной линии. Однако при длительности импульса напряжения короче ~ 200 пс пробой не возникает даже в присутствии УЭ, так как они не успевают пересечь межэлектродный промежуток и обеспечить его предварительную ионизацию.</p> <p>ИЭФ УрО РАН, ИСЭ СО РАН, ФИАН</p> <p>Получена генерация субнаносекундных импульсов с рекордной для диапазона 90 ГГц пиковой мощностью ~ 150 МВт на основе сверхизлучения (СИ) электронным пучком, движущимся в сверхразмерной цилиндрической двумерно-периодической замедляющей структуре. В такой структуре наряду с распространяющимися вдоль оси поперечными волнами происходит возбуждение азимутальных волновых потоков, которые синхронизируют излучение различных сегментов трубчатого сильноточного электронного пучка</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>с диаметром, значительно превосходящим длину волны. Теоретический анализ в рамках квазиоптического подхода и прямого РС моделирования показывает возможность дальнейшего увеличения пиковой мощности импульсов СИ в коротковолновых диапазонах за счет увеличения сверхразмерности пространства взаимодействия и увеличения полного электронного тока при сохранении азимутальной когерентности излучения.</p> <p>ИПФ РАН, ИЭФ УрО РАН</p> <p>В гиротроне на второй гармонике гирочастоты на частоте 0,527 ТГц получена мощность излучения 250 Вт в непрерывном режиме генерации, почти на порядок превосходящая все известные мировые разработки в этом частотном диапазоне.</p> <p>Теоретически обоснована и экспериментально продемонстрирована плавная широкая полосная ($1,5\% = 4 \text{ ГГц}$) перестройка частоты излучения гиротрона за счет возбуждения последовательности мод с высокими (вплоть до 5) продольными индексами. Во всей рабочей полосе вблизи частоты 250 ГГц продемонстрирована мощность не менее 10 Вт, что достаточно для большинства спектроскопических приложений.</p> <p>ИПФ РАН</p> <p>Разработан и успешно испытан новый пьезоэлектрический датчик силы для зондовой магнитно-силовой микроскопии. Использование пьезоэффекта дает преимущество непосредственного преобразования сигнала магнитного притяжения зонда к локальной точке магнитного образца в электрический сигнал. Чувствительность датчика составляет 1,4 пико Ньютона в полосе частот 100 Гц.</p> <p>ИСАН, ФИЦ «Кристаллографии и фоники РАН», ФИАН</p>
14. Современные проблемы физики плазмы, включая физику высоко-температурной плазмы и управляемого термоядерного синтеза, физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы ее	<p>На стенде высоковольтного инжектора нейтралов пучка впервые получен пучок отрицательных ионов с энергией более 240 кэВ и исследована его транспортировка в ускорительном тракте.</p> <p>Разработана спектроскопическая диагностика высокого разрешения для детального исследования формы спектральных линий излучения атомов и ионов в потоке плазмы. Результаты высокочастотных измерений методом доплеровской спектроскопии па-</p>

раметров функций распределения магнитной плазмы в установке ГДЛ подтверждают справедливость теоретических моделей продольного переноса энергии в установках открытого типа.

Впервые в мире изучена динамика деформаций поверхности вольфрама во время мощных импульсных тепловых нагрузок с интенсивностью ниже порога плавления, характерных для дивертора экспериментального термоядерного реактора ИТЭР. Остаточный изгиб пластин увеличивается с тепловой нагрузкой аналогично остаточной шероховатости лицевой поверхности образца, подвергаемой термическому удару. Эти данные вместе с одновременно измеренной динамикой температуры и пространственным профилем нагрева будут служить экспериментальной основой для численного расчета остаточных механических напряжений в образце. Остаточные растягивающие напряжения при превышении порога прочности материала приведут к его растрескиванию вблизи поверхности и образованию микрочастиц вольфрама, представляющих серьёзную опасность для работы ИТЭР.

ИЯФ СО РАН

Для решения задачи плазменного разложения углекислого газа при атмосферном давлении был использован неравновесный разряд в потоке аргона с углекислым газом, локализованный в сфокусированном квазиоптическом пучке непрерывного миллиметрового излучения с частотой 24 ГГц. Результаты конверсии углекислого газа (до 31%) и энергоэффективности (до 16%) процессов превышают современные рекордные значения для бескатализаторных разрядов атмосферного давления.

ИПФ РАН

На мультитераваттном генераторе ГНТ-12 проведены исследования имплозии алюминиевых металло-плазменных лайнеров с внешней плазменной оболочкой. Показано, что нагрузки такого типа позволяют обеспечить стабильное сжатие при временах порядка микросекунды. Максимальный выход излучения в К-линиях алюминия составил 4,5 кДж/см при пиковом токе имплозии 2,4 МА. Сравнение с теоретическими оценками ожидаемого выхода излучения и с результатами ранних экспериментов, проведенных на генераторах с разными типами нагрузок, показывают, что металло-плазменный лайнер является наиболее эффективной нагрузкой для генерации излучения в К-линиях алюминия при микросекундных временах имплозии.

ИСЭ СО РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
<p>15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине</p>	<p>Впервые вычислены энергии переходов в молекулярном ионе HD⁺ с рекордной точностью $\sim 10^{-11}$ в рамках квантовой электродинамики. Вместе с измерением частот сверхтонкого расщепления ротационных переходов это позволило получить наиболее точную проверку предсказаний квантовой теории для трехчастичных систем, определить значения ряда комбинаций фундаментальных констант с рекордной относительной точностью $2 \cdot 10^{-11}$ и более чем на порядок улучшить ограничение на гипотетическое дальнеедействие между протоном и дейтроном.</p> <p style="text-align: center;">ОИЯИ</p> <p>Впервые аналитически найдено дифференциальное сечение полного процесса рождения одиночного t-кварка с его последующим распадом. Результаты получены в наиболее общем случае для векторных и тензорных аномальных взаимодействий t-кварка. Это позволило улучшить оценки точности измерения возможных аномальных взаимодействий для разных значений интегральной светимости Большого адронного коллайдера.</p> <p style="text-align: center;">НИИЯФ МГУ</p> <p>В рамках AdS3/CFT2 голографической дуальности обнаружено свойство униформизации, означающее, что вид корреляторов тяжелых и легких операторов в определенных переменных зависит только от числа легких операторов. В дуальной теории гравитации эти переменные описывают фоновую AdS3 геометрию с коническими дефектами. Выявленная особенность позволяет работать с ранее недоступными для анализа нетривиальными конфигурациями в дуальных теориях.</p> <p style="text-align: center;">ФИАН</p> <p>Предложен новый подход для описания факторизации жестких процессов при высоких энергиях, основанный на механизме реджезации партонных амплитуд в условиях мультиреджеской кинематики. Разработана новая модель для неинтегрированных партонных функций распределения в протоне, учитывающая эффекты пертурбативной эволюции при произвольных значениях доли продольного импульса х партонов и непертурбативные эффекты при малых значениях поперечного импульса партонов. Получено</p>

хорошее согласие с экспериментальными данными в широкой области энергий. Сделаны предсказания для сечений жестких процессов на строящемся коллайдере NICA ОИЯИ.
СГУ, Самара

Впервые получена оценка высших поправок асимптотического ряда теории возмущений квантовой хромодинамики для соотношения между полными и бегущими массами тяжелых кварков и выявлена тонкая структура их разложения по степеням числа безмассовых ароматов кварков. Поправки найдены в 5-м и 6-м порядках теории возмущений. Результаты важны в приложении к интерпретации данных Большого адронного коллайдера.

ИЯИ РАН

Исследованы эффекты нарушения чётности во взаимодействиях релятивистских поляризованных протонов и дейтронов. Обнаружена значительная P-нечётная асимметрия в канале диссоциации поляризованного дейтрона, однако само сечение этого процесса мало. Результаты важны для экспериментов на коллайдере NICA.

ИЯФ СО РАН

В рамках исследований, проводимых в эксперименте CMS коллайдера БАК, опубликованы результаты поиска отклонений от предсказаний Стандартной модели в процессах одиночного рождения топ кварка. Представлены верхние ограничения на параметры, характеризующие отклонения во взаимодействиях топ кварка с W бозоном и b-кварком, и на вероятности редких распадов топ кварка из-за существования нейтральных токов, меняющих аромат кварков.

МГУ

В рамках проекта ATLAS на БАК проведены исследования по поиску распадов бозона Хиггса Стандартной модели на bb-кварковую пару при ассоциативном рождении с W или Z бозонами. Измеренные сечения ассоциативного рождения бозона Хиггса с W и Z бозоном хорошо согласуются с ожидаемыми значениями в рамках Стандартной модели.

Завершена обработка первых данных, полученных в эксперименте NA62 на SPS (ЦЕРН). В рамках поиска «новой физики» в редких распадах каонов обнаружено 17 кандидатов в сверхредкий распад заряженного $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ каона при ожидаемом фоне в 7 событий. Это позволило получить лучшее в мире измерение относительной вероятности

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>распада $BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) = (11,0^{+0.4}_{-3.5} \pm 0,3_{\text{сист}}) \cdot 10^{-11}$ что согласуется с предсказанием Стандартной модели.</p> <p style="text-align: center;">ОИЯИ</p> <p>Впервые обнаружено в распадах B_0s-мезонов $B_0s \rightarrow X(3872)\phi$ экзотическое состояние $X(3872)$ со значимостью, превышающей 6 стандартных отклонений. Используются данные, полученные в протон-протонных столкновениях при энергии в системе центра масс 13 ТэВ в эксперименте CMS.</p> <p style="text-align: center;">ФИАН</p> <p>Коллаборация NA64, используя высокоэнергичный электронный пучок SPS в ЦЕРНе, провела модельно независимый поиск легких скалярных и псевдоскалярных аксион-подобных частиц, которые могут взаимодействовать с двумя фотонами. Новые частицы могли бы рождаться за счет эффекта Примакова при взаимодействии жестких тормозных фотонов, генерируемых электронами с энергией 100 ГэВ в активной мишени NA64, с виртуальными фотонами, создаваемыми ядрами этой мишени. Этот метод позволяет исследовать пространство параметров короткоживущих скаляров и аксионов, в том числе предсказываемых общими моделями аксионов, которое было недоступно для предыдущих экспериментов.</p> <p style="text-align: center;">ИЯИ РАН</p> <p>На установке ОКА на 18 ГэВ/с вторичном сепарированном пучке каонов протонного синхротрона У-70 выполнено детальное исследование когерентного образования $K^+ \pi^0$ системы на ядрах меди. При изучении спектра масс системы $K^+ \pi^0$ обнаружен эффект, который можно интерпретировать как интерференцию амплитуд киральной аномалии и $K^*(892)$ мезона в s-канале. Это первое наблюдение киральной аномалии в процессах с каонами.</p> <p style="text-align: center;">НИЦ КИ – ИФВЭ</p> <p>Измерены с рекордной точностью сечения реакций $e^+e^- \rightarrow \eta K^+ K^-$ и $\eta \pi^+ \pi^-$ на детекторе КМД3.</p>

В энергетическом диапазоне 1,05–2,0 ГэВ на детекторе СНД впервые измерено сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^0\gamma$ и проанализированы механизмы, дающие вклад в этот процесс. Доминирующим механизмом является процесс $e^+e^- \rightarrow \eta\phi(\omega \rightarrow \pi^0\gamma)$. Обнаружен вклад радиационного процесса $e^+e^- \rightarrow a^0(1450)\gamma$.

ИЯФ СО РАН

В 2019 г. в Лаборатории ядерных реакций (ЛЯР) им. Г.Н. Флерова ОИЯИ введен в эксплуатацию уникальный комплекс – «Фабрика сверхтяжелых элементов» (СТЭ), а в 2020 г. на ускорительном комплексе «Фабрика СТЭ» успешно проведен первый эксперимент по синтезу изотопов 115-го элемента – московия в реакции взаимодействия ионов кальция-48 и америция-243. Этот эксперимент подводит итог многолетней работе ОИЯИ по созданию и запуску фабрики СТЭ и дает старт уникальной программе по изучению ядерно-физических и химических свойств сверхтяжелых элементов. Он также показывает готовность к экспериментам по синтезу новых элементов с атомными номерами 119 и 120 – первых элементов 8-го периода таблицы Д.И. Менделеева. ЛЯР ОИЯИ является безусловным мировым лидером в области синтеза СТЭ и развернутые программы создают все предпосылки для сохранения этого лидерства.

В 2018 г. в ЛЯР ОИЯИ введен в строй новый фрагмент-сепаратор АКУЛИНА-2, современная установка мирового класса. В 2018–2020 гг. на нем была проведена первая экспериментальная «кампания». «Флагманом» программы АКУЛИНА-2 была серия экспериментов по поиску сверхтяжелого изотопа водорода 7Н, который является наиболее нейтронно-избыточной системой доступной для изучения сегодня. В 2020 году опубликованы первые надежные данные о спектре возбуждения 7Н. Эти результаты подводят черту под 40-летней малоуспешной историей попыток изучения 7Н. Это ядро распадается посредством «истинно» пятичастичного распада ${}^3\text{H}+n+n+n+n$ (одновременное испускание 4 нейтронов), что позволяет деклариовать первое экспериментальное наблюдение данного нового типа распада с испусканием сильно взаимодействующих частиц.

ОИЯИ

Изучение радиоактивных изотопов (РИ) является наиболее интенсивно развивающимся направлением ядерной физики низких энергий. Были предложены концепция и научная повестка перспективного ускорительно-накопительного комплекса для исследования РИ, предлагаемого в качестве международного мегапроекта на базе ОИЯИ (проект

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>DERICA – Dubna Electron Radioactive Ion Collider fAcility). Характеристики комплекса DERICA сопоставимы с характеристиками передовых мировых центров – «фабрик РИ». В проекте делается акцент на исследованиях короткоживущих РИ в накопительных кольцах. Уникальной особенностью проекта является возможность изучения взаимодействия электронов с РИ в коллайдерном эксперименте с целью определения фундаментальных свойств ядерной материи – электромагнитных факторов экзотических ядер.</p> <p style="text-align: center;">ОИЯИ, ИЯФ СО РАН, НИЦ «Курчатовский институт», НИЦ «КИ»–ИТЭФ, НИЯУ МИФИ, ВНИИЭФ, ФТИ им. А. Ф. Иоффе</p> <p>В связи с подготовкой пуска в эксплуатацию реактора ПИК, в рамках проекта «Создание приборной базы реакторного комплекса ПИК НИЦ КИ – ПИЯФ», ведутся работы по двум масштабным проектам. (I) Ведется создание суперисточника ультрахолодных нейтронов (УХН) на пучке ГЭК-4 реактора ПИК и его оснащение экспериментальными установками. Разработаны и успешно испытаны ключевые узлы источника. С учетом параметров реактора ПИК новый источник УХН более чем на порядок превзойдет по интенсивности мощнейший на сегодняшний день источник УХН реактора ILL (Гренобль, Франция). Наличие источника УХН такого класса может кардинально изменить возможности проведения экспериментов с УХН. (II) Для получения интенсивных потоков экзотических нейтронно-избыточных ядер в НИЦ КИ – ПИЯФ реализуется проект ИРИНА (Исследование Радиоактивных Изотопов на НейтронАх) на пучке тепловых нейтронов реактора ПИК. Эта установка использует ISOL (Isotope Separator On-Line) метод генерации пучков радиоактивных изотопов при индуцированном делении ²³⁵U материала мишени. Плановая интенсивность 10¹⁴ делений в секунду на установке ИРИНА позволяет получать выходы нейтронно-избыточных ядер многократно (а иногда и на несколько порядков) превышающие выходы этих же ядер на других действующих в мире установках ISOL типа. Введение в строй подобной установки способно совершенно изменить возможности исследования редких изотопов в областях карты нуклидов доступных для ISOL метода.</p> <p style="text-align: right;">НИЦ «КИ» – ПИЯФ</p>

Выполнен анализ новых экспериментальных данных по измерению инклюзивных двойных дифференциальных сечений α -частиц, испускаемых при взаимодействии ^{14}N с ^{59}Co и ^{93}Nb при энергии налетающих ионов 250 МэВ. В моделирование процессов протекания ядерных реакций с тяжелыми ионами учитывалась возможность формирования альфа-кластеров на неравновесной стадии слияния.

НИИЯФ МГУ

Среди завершенных в течение года теоретических исследований следует отметить следующие достижения. Развивалась методика исследования трехчастичных радиационных захватов для задач ядерной астрофизики. Принципиально важные результаты были получены для нерезонансных реакций $^4\text{He}+n \rightarrow ^4\text{He}+\gamma$ и $^{15}\text{O}+p \rightarrow ^{17}\text{Ne}+\gamma$: первые были получены вполне корректная в низкоэнергетической области E1 силовая функция и для реакций двухпротонного захвата был впервые развит полностью аналитический формализм, являющийся аналогом метода асимптотических нормировочных коэффициентов. Было исследовано влияние конечной температуры ($T \approx 10^{10}$ K) ядер с близким к $N = 50$ числом нейтронов (например, ^{78}Ni , ^{82}Ge , ^{86}Kr и ^{88}Sr) на скорость захвата электронов в веществе кора коллапсирующей сверхновой звезды; полученные результаты способствуют разрешению вопроса о механизме взрыва коллапсирующих сверхновых.

ОИЯИ

Зарядовые радиусы и распределение протонной плотности изотопов Sn изучены в дисперсионной оптической модели; продемонстрирована предсказательная способность дисперсионной оптической модели в отношении распределения плотности ядер вдали от долины бета-стабильности.

НИИЯФ МГУ

Выполнен совместный анализ данных нейтринного телескопа IceCube, результатов наблюдений на международных радиоинтерферометрических сетях и радиотелескопе РАТАН-600, который позволил сделать вывод о том, что нейтрино широкого спектра энергий – от 10^{12} эВ до 10^{15} эВ – рождаются в центральных областях ярких блазаров, то есть активных ядер галактик со струями, направленными на наблюдателя. Моменты прихода нейтрино совпадают с мощными вспышками синхротронного излучения в компактных джетах этих объектов. Теоретически предположен и обоснован механизм рождения

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>нейтрино. Показано, что весь наблюдаемый поток астрофизических нейтрино высоких энергий может порождаться радио-яркими блазарами. ИЯИ РАН, ФИАН, МФТИ</p> <p>Международной коллаборацией GERDA с существенным участием российских специалистов создан детектор нового поколения с ультранизким уровнем фона для поиска эффекта безнейтринного двойного бета-распада 76Ge. Завершена вторая фаза эксперимента. Получен верхний предел на период полураспада 76Ge по этому каналу $T_{1/2} > 1,8 \cdot 10^{26}$ лет, являющийся лучшим мировым достижением экспериментов подобного рода. ИЯИ РАН, НИЦ КИ, НИЦ «КИ» – ИТЭФ, ОИЯИ</p> <p>Развернуты и введены в эксплуатацию шестой и седьмой кластеры создаваемого на оз. Байкал глубоководного нейтринного телескопа кубокилометрового масштаба Baikal-GVD. С их вводом эффективный объем телескопа достиг значения $0,35 \text{ км}^3$ в задаче регистрации ливней от нейтрино высоких энергий астрофизической природы. Установка работала в режиме постоянной регистрации и накопления данных. Опубликованы первые результаты поиска событий от нейтрино на детекторе Baikal-GVD, ассоциированных с алертами детектора IceCube. ИЯИ РАН, ОИЯИ</p> <p>В международном эксперименте T2K, выполняемом с участием российских специалистов, ведется исследование осцилляций мюонных нейтрино и антинейтрино в электронные нейтрино и антинейтрино. Результаты, полученный на основе данных, накопленных в 2010-2019 гг., включает CP сохранение в лептонном секторе на уровне достоверности 95%. Новые данные T2K также подтверждают, что наиболее вероятное значение фазы δ_{CP} близко к значению -90 градусов, что соответствует максимальному CP-нарушению в нейтринных осцилляциях. ИЯИ РАН</p>

Международным коллективом эксперимента NOvA (FNAL, США), при активном участии сотрудников из России, проведен анализ экспериментальных данных, соответствующих увеличенной интегральной экспозиции, которая составила: $13,6 \cdot 10^{20}$ POT (протонов на мишени) в пучке нейтрино и $12,5 \cdot 10^{20}$ POT в пучке антинейтрино. Полученные на настоящий момент данные говорят о предпочтении комбинаций осцилляционных параметров, соответствующих симметрии переходов $\nu\mu \rightarrow \nu\mu$ для нейтрино и антинейтрино, а противоположные конфигурации отвергаются на уровне $>2\sigma$. Планы дальнейшего набора данных с пучками нейтрино и антинейтрино в NOvA должны позволить до 2025 г. вдвое увеличить статистику и более достоверно ответить на вопрос об иерархии масс нейтрино и величине нарушения лептонной CP четности.

ИЯИ РАН, ОИЯИ

При анализе нейтринных взаимодействий в данных эксперимента OPERA, выполняемом с участием российских специалистов, обнаружена событийная топология с двумя вторичными вершинами, совместимая с распадом короткоживущих частиц. Наблюдаемая топология совместима с взаимодействиями заряженного тока тау-нейтрино с образованием очарования и взаимодействиями нейтринного нейтрального тока тау-нейтрино с образованием чарма, при этом тау-частица и чарм-частица распадаются. Значимость этого наблюдения составляет $4,0\sigma$.

ФИАН, НИИЯФ МГУ, ИЯИ РАН, ОИЯИ

В состав уникальной научной установки «Экспериментальный комплекс НЕВОД» включена Установка для регистрации атмосферных нейтронов (УРАН). Установка состоит из 72 сцинтилляционных боросодержащих электронно-нейтронных детекторов, имеет общую площадь 10^3 м² и расположена на крышах лабораторных корпусов НИЯУ МИФИ. Основная задача установки УРАН – изучение адронной компоненты ШАЛ в диапазоне энергий $10^{15} - 10^{17}$ эВ с помощью новой методики, основанной на регистрации вторичных тепловых нейтронов. В результате предварительного анализа данных установкой (6635 часов) получен интегральный спектр ШАЛ по числу нейтронов и зависимость числа нейтронов от мощности ливня.

ИЯИ РАН, НИЯУ МИФИ

По данным детектора LVD (Гран Сассо, Италия) получены характеристики сезонных вариаций потоков мюонов разных направлений в период с 2001 по 2018 гг. Определены

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>амплитуда и фаза сезонных вариаций для горизонтальных и вертикальных мюонов. Амплитуда модуляции для горизонтальных мюонов $\delta I_h = 1,7 \pm 0,3\%$. Амплитуда модуляции для вертикальных мюонов составляет $\delta I_v = 1,0 \pm 0,2\%$. ИЯИ РАН</p> <p>Продолжалось развертывание первой очереди астрофизического комплекса TAIGA. Начал регулярные наблюдения второй атмосферный телескоп астрофизического комплекса. Проводились наблюдения ряда источников гамма-квантов: Boomerang, Крабовидная туманность, МКН-421 и МКН-501. Выделены гамма-кванты от Крабовидной туманности на уровне значимости 6 сигма и на уровне значимости 5 сигма от блазара Mrk-421. Интегральный энергетический спектр гамма-квантов от Крабовидной туманности (160 событий) находится в хорошем согласии с данными телескопов NEGRA, VERITAS и MAGIC.</p> <p>НИИЯФ МГУ, НИИПФ ИГУ, ОИЯИ, НИЯУ МИФИ, ИЯИ РАН, ИЯФ СО РАН, НГУ, ИЗМИРАН, АГУ</p> <p>На базе многолетних измерений ионизирующей радиации в атмосфере Земли, ведущихся в ФИАН с 1957 г., выявлен долговременный тренд в частоте высыпаний квазирелятивистских электронов из внешнего радиационного пояса Земли. Обнаружено увеличение числа случаев высыпаний в 1980–2000-х годах, несмотря на ослабление солнечной активности. Дана интерпретация этого эффекта как связанного с увеличением числа радиопередатчиков УНЧ диапазона, которые стимулируют волновую активность магнитосферы, ведущую к высыпаниям электронов из радиационного пояса Земли.</p> <p style="text-align: center;">ФИАН, ПГИ РАН</p> <p>Произведен физический пуск линейного индукционного ускорителя ЛИУ-20, составляющего основу первой очереди импульсного рентгенографического комплекса малоразмерной томографии РФЯЦ-ВНИИТФ. Ускоритель выведен на плановые характеристики по энергии электронов, размеру фокусного пятна, периоду следования циклов и повторяемости параметров ускоренного пучка. Это позволит в ближайшем будущем создать на</p>

его основе рентгенографическую установку с рекордными по качеству изображения показателями.

РФЯЦ–ВНИИТФ, ИЯФ СО РАН

Введена в эксплуатацию мощная электрофизическая установка «Гамма-4», состоящая из четырех типовых модулей, каждый из которых представляет собой импульсный высокопоточный ускоритель электронов прямого действия (2 МВ, 3 МА, 60 нс). Установка предназначена для проведения исследований в области радиационной физики и работает в трех режимах: генерации импульсов тормозного излучения; генерации импульсов мягкого рентгеновского излучения; ударно-волнового и изотропического сжатия концентрированных материалов давлением до 50 ГПа.

РФЯЦ–ВНИИЭФ

Произведен технологический пуск сверхпроводящего синхротрона (бустера), являющегося инжектором mega–science проекта «Комплекс NICA». Получена устойчивая циркуляция пучка однозарядных ионов гелия (энергия 3,2 МэВ на нуклон, интенсивность 109 ионов в импульсе). Подтверждена работоспособность основных технологических систем как собственно синхротрона, так и его инжекционного комплекса – источников поляризованных, легких и тяжелых ионов, линейного ускорителя тяжелых ионов.

ОИЯИ

Завершен цикл работ по выбору конфигурации магнитной системы основного кольца (3 ГэВ, электроны) для источника синхротронного излучения проекта СКИФ, являющейся ключевой технологической системой установки. Главной целью работ являлась разработка рекордной по горизонтальному равновесному фазовому объему пучка (75 пкм·рад) магнитной структуры с обеспечением возможности ее технической реализации и выполнении наиболее значимых пользовательских требований. Предложена компактная структура (периметр 480 м) с 14 прямолинейными промежуточными (длиной 6 м каждый) для размещения специализированных устройств генерации излучения и возможностью съема излучения с поворотных магнитов (32 канала вывода). Структура обеспечивает возможность использования мощных сверхпроводящих устройств, предназначенных для генерации потоков синхротронного и ондуляторного излучения.

ИЯФ СО РАН

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Завершена работа по исследованию процессов получения медицинского радионуклида стронций-82 с использованием прямой сорбции из жидкого металла. Стронций-82 – важный радионуклид, который используется для приготовления медицинского генератора рубидия-82 и проведения диагностики кардиологических и некоторых других заболеваний с помощью позитронно-эмиссионной томографии. Наиболее эффективный метод его наработки – облучение массивных мишеней из металлического рубидия протонами средних энергий. Радиохимическое выделение ^{82}Sr из таких мишеней – обычно представляет собой сложную и опасную процедуру. Предложен метод выделения стронция из металлического рубидия путем сорбции на различных поверхностях непосредственно из жидкого рубидия. Завершены исследования, позволяющие обеспечить высокий химический выход радионуклида. При температуре около 300°C примерно за 3 часа нагревания ^{82}Sr полностью сорбировался на внутренней поверхности оболочки облученной мишени, после этого жидкий рубидий откачивали, а ^{82}Sr затем легко удаляли кислотным смывом. Исследование механизма процесса показало, что ^{82}Sr сначала сорбируется на коллоидных частицах оксида рубидия, а при высокой температуре эти частицы растворяются в рубидии. Поэтому для эффективного протекания процесса и обеспечения высокого выхода необходимо определенное содержание кислорода в рубидии. Уже протестирован высокий инновационный потенциал этой разработки. Имеется два патента РФ, а также американский и канадские патенты. Технология опробована сначала в ГНЦ ФЭИ им. А.И. Лейпунского (Обнинск), а широкомасштабное производство по лицензии ИЯИ РАН организовано на предприятии ARRONAX (Нант, Франция), лицензия приобретена также американской фирмой. В ближайшее время эту технологию планируется установить в «горячих» камерах Радиевого института им. В.Г. Хлопина (Санкт-Петербург).</p> <p style="text-align: center;">ИЯИ РАН</p> <p>Разработан ускорительный источник нейтронов для бор-нейтронозахватной терапии онкологических заболеваний. Первая установка должна быть запущена в госпитале г. Сяомынь (Китай), принадлежащем компании Neuboron. В качестве прототипа при разработке был взят действующий в ИЯФ нейтронный источник, на котором успешно проводятся эксперименты с клеточными образцами и малыми лабораторными животными. В</p>

нейтронном источнике используется ускоритель tandem для получения протонного пучка с энергией до 2.5МэВ. Генерация нейтронов осуществляется при взаимодействии ускоренного пучка с литиевой мишенью. При создании установок, на прототипе ускорителя в ИЯФ был отработан целый ряд новых технических решений, которые позволили существенно поднять параметры нейтронного источника и повысить надежность его работы. Установка была смонтирована и успешно запущена совместно специалистами ИЯФ СО РАН и TAE Life Sciences. После испытаний осенью 2020 года оборудование отправлено в Китай и начата сборка на месте.

ИЯФ СО РАН совместно с TAE Life Sciences (США)

Реализован метод регистрации потоков гамма-квантов с энергией несколько мегэлектронвольт, основанный на передаче светового сигнала от тяжелого сцинтиллятора к фотоприемнику при помощи спектросмещающих волокон. Для данного метода получен сигнал 45 фотозлектронов на 1 МэВ энергосмещения в регистрирующем элементе. Такой сигнал не влияет на статистику гамма-квантов в изображении, но, при этом, позволяет вывести фотоприемники и электронику из-под негативного воздействия жесткого излучения, которое неизбежно в классической конструкции детекторов, когда фотоприемник расположен непосредственно на сцинтилляторе. Исследовано, что в реализованном методе регистрации потоков гамма-квантов эффект неоднородности светового сбора по длине кристалла не проявляется, что позволяет увеличить эффективность регистрации и средний сигнал от одного гамма-квантов за счет увеличения длины кристалла и дополнительно уменьшить физический шум изображения. По результатам работы реализованной метод позволяет значительно уменьшить физический шум изображения и увеличить просвечивающую способность до 400 мм по стали.

ИЯФ СО РАН

Завершены работы по теоретическому и экспериментальному определению сечений образования радионуклидов при взаимодействии ядер тория-232 с протонами в диапазоне энергий от 20 до 140 МэВ. В результате ядерных реакций скалывания, сопровождающихся вылетом из ядра-мишени нескольких нуклонов, образуется альфа-излучающий радионуклид ^{225}Ac , а также ^{223}Ra и ^{230}Pa . Эти радионуклиды привлекательны для применения в ядерной медицине.

ИЯИ РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Продолжается разработка методики нейтронного резонансного анализа с целью определения элементного состава образцов. Метод является неразрушающим и основан на регистрации нейтронных резонансов при радиационном захвате, измерении выхода продуктов реакции в этих резонансах. Чтобы проверить возможности этого метода, такие исследования были проведены в сотрудничестве с Институтом археологии РАН на импульсном источнике резонансных нейтронов ИРЕН для Боспорских статов III-IV вв. н. э. из Фанагорийского клада.</p> <p style="text-align: center;">ОИЯИ</p> <p>Выведен на рынок разработанный ранее аппарат для ингаляционной терапии оксидом азота «ТИАНОКС». Аппарат предназначен для производства, мониторинга и подачи оксида азота в дыхательный контур пациента при проведении терапии. Синтез оксида азота осуществляется в импульсно-периодическом диффузном разряде из окружающего воздуха. Организовано серийное производство аппаратов и их сервисное обслуживание. Аппараты поставляются в ведущие медицинские центры России и применяются для лечения легкой гипертензии вызванной различными патологиями, в том числе пневмонией протекающей на фоне инфекции covid-19. Основными потребителями аппарата являются блоки интенсивной терапии и отделения анестезиологии-реанимации, начиная с уровня районных стационаров и выше, а также кардиоцентры, отделения неонатологии и перинатальные центры.</p> <p style="text-align: center;">РФЯЦ-ВНИИЭФ</p> <p>Разработан метод получения медицински значимого радионуклида ^{47}Sc при облучении Ti-мишеней естественного изотопного состава тормозными фотонами с энергиями до 55 МэВ. Установлено, что примеси нуклидов ^{46}Sc и ^{48}Sc по отношению к активности ^{47}Sc составляют соответственно ~1,5% и 9,1%. Процедура радиохимического выделения Sc занимала ~2 часа, проводилась методом экстракционной хроматографии с использованием сред HNO_3 и HCl при достигнутой эффективности > 97%. Показано, что метод позволяет получать пригодные для радиотерапии количества ^{47}Sc.</p> <p style="text-align: right;">ИЯИ РАН, НИЦ «КИ», МГУ</p>

	<p>Развиты средства метрологического обеспечения измерений объемной активности радиоактивных газов радона и торона и плотности потока радона с поверхности грунта. Разработана конструкторская документация на опытный образец комплекса аппаратуры воспроизведения и передачи единиц объемной активности радона и торона и плотности потока радона; проведены метрологические исследования, предварительные испытания и приемочные испытания комплекса аппаратуры воспроизведения и передачи единиц объемной активности радона и торона и плотности потока радона; проведены государственные испытания усовершенствованного государственного первичного эталона единиц объемной активности радиоактивных аэрозолей, радона, торона и плотности потока радона.</p> <p style="text-align: center;">ВНИИФТРИ</p> <p>Создан комплекс лучевой терапии ОНИКС на базе компактного медицинского линейного ускорителя с пучком тормозного рентгеновского излучения номинальной энергией 6МВ. Комплекс реализует современные методики дистанционной лучевой терапии (ЛТ) (3-мерной конформной ЛТ, ЛТ с применением средств визуализации для контроля положения пациента, ЛТ с модуляцией интенсивности, ротационной ЛТ с объемной модуляцией интенсивности пучка) при лечении пациентов в радиологических отделениях онкологических учреждений всех уровней. Комплекс ОНИКС является первым подобным аппаратом, разрабатываемым в России. Комплекс ОНИКС по своим техническим характеристикам не уступает, а в некоторых позициях превосходит аналоги высокотехнологичного медицинского оборудования.</p> <p style="text-align: right;">НИИТФА Росатома РФ</p>
<p>16. Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождения, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, исследование экзопланет и поиски внеземных цивилизаций, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной</p>	<p>Российской орбитальной обсерваторией «Спектр-РГ» завершен первый рентгеновский обзор всего неба. Построена лучшая в мире детальная карта всего неба в рентгеновских лучах, обнаружено около миллиона источников мягкого рентгеновского излучения – на порядок больше, чем было известно ранее. Обнаружено также порядка 20 тысяч скоплений галактик и 200 тысяч звезд с горячими коронами в нашей Галактике. Построена карта диффузного рентгеновского излучения, отражающая распределение газа с температурой несколько миллионов градусов в Галактике и холодного газа, поглощающего это излучение. Телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского (Россия) уже за полгода получил уникально четкую карту всего неба в более жестком рентгеновском диапазоне энергий и обнаружил излучение от более, чем 600 источников, в том числе от нескольких десятков</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
<p>астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач</p>	<p>ранее не известных объектов в Галактике и за ее пределами. Среди них – сверхмассивные черные дыры, окруженные толщей холодного газа и невидимые в мягких рентгеновских лучах. Карты неба подобной полноты в жестком рентгеновском диапазоне строились обсерваториями предыдущего поколения в течение десятилетий.</p> <p>ИКИ РАН, НПО им. С.А. Лавочкина и др. участники кооперации</p> <p>На основе данных, полученных на нейтринном телескопе IceCube, международных радиоинтерферометрических сетях и на РАТАН-600 САО РАН, обнаружено, что нейтринно широкого спектра энергий рождаются в центральных областях ярких блазаров, то есть активных галактик со струями, направленными на наблюдателя. Показано, что области прихода нейтрино сверхвысоких энергий (от ТэВ до ПэВ) совпадают с положением ярких квазаров на небе, а моменты их прихода – с мощными вспышками синхротронного излучения в компактных джетах этих объектов. Полученные результаты позволяют лучше понять свойства центральных машин активных ядер галактик как ускорителей массивных частиц – протонов.</p> <p>САО РАН, ИЯИ РАН, ФИАН, МФТИ, при частичной поддержке РФФИ</p> <p>Создана новая опорная небесная система отсчета ICRF3, представляющая собой каталог координат 4588 радиоисточников, полученный из обработки 13,7 млн РСДБ-наблюдений на 167 радиотелескопах, включая РСДБ-сеть «Квазар-КВО» Института прикладной астрономии РАН. По сравнению с предыдущей системой ICRF2 (2009 г.) ICRF3 содержит на 34% больше источников, а точность координат улучшена в 1,5–2 раза (по разным критериям). Впервые система ICRF состоит из трех каталогов в разных диапазонах длин волн (X, K, Ka) и в системе учтено галактоцентрическое ускорение барического Солнечной системы. Внедрение новой системы позволило повысить точность координатной основы многих фундаментальных исследований и прикладных работ в области астрономии, динамики Солнечной системы, геодезии и координатно-временного навигационного обеспечения.</p> <p>ИПА РАН, ГАО РАН</p>

Открыты экстремально низко-металлические галактики в близких пустотах. При помощи нового метода поиска, основанного на предпочтительной локализации этих объектов внутри пустот в распределении галактик, число выявленных объектов этого типа увеличено более, чем вдвое. Это открывает новые возможности для изучения их происхождения и эволюции.

На основе оригинальных разработок методов анализа результатов космологических экспериментов WMAP (NASA) и Planck (ESA) создан программно-алгоритмический комплекс GLESP, широко используемый многими специалистами в области космологии в России и за рубежом. За десять лет были реализованы: новая эффективная методика пикселизации радиокарт на полной сфере, анализ спектра мощности флуктуаций реликтового излучения для различных способов учета фоновых излучений Галактики, математический аппарат изучения статистических свойств флуктуаций микроволнового фона. Первые в России подробно проанализированы будущие ключевые радиоастрономические эксперименты наблюдательной космологии.

CAO РАН

На основе закона Амаги, связывающего светимость длинных гамма-всплесков с формой их непрерывного спектра и позволяющего использовать их в качестве «стандартных свечей», разработана методика построения диаграммы Хаббла в интервале красных смещений 1–10. Первые показана возможность получения количественной оценки космологических параметров плотности темной материи, темной энергии, уравнения состояния и знака кривизны пространства на основе наблюдений гамма-всплесков, независимо от наблюдений космического микроволнового фона (МФИ) и крупномасштабной структуры Вселенной (КСВ). Данный подход позволяет решить проблему расхождения локальных и глобальных оценок космологических параметров полученных из наблюдений МФИ и КСВ.

CAO РАН, совместно с ИНАСАН, СПбГУ, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», INAF (Италия)

Наблюдения атмосферы Марса комплексом спектрометров ACS (Atmospheric Chemistry Suite) на орбитальном аппарате ExoMars Trace Gas Orbiter ACS во время глобальной пылевой бури в июне 2018 (марсианский год 34) позволили впервые детально исследовать распределение воды на средних и больших высотах (до 100 км). Одновременно получены профили температуры атмосферы, пыли и облаков. В южном полушарии атмосферная вода достигает больших высот во время всего сезона перигелия (лето в

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>южном полушарии), включая глобальную пылевую бурю и региональный шторм. Кроме того, обнаружено перенасыщение водяного пара, часто наблюдаемое одновременно с облаками. Повсеместное и глубокое перенасыщение означает, что холодная область тропосферы, препятствующая проникновению воды в верхнюю атмосферу на Земле, не работает на Марсе, и диссипации воды с Марса идет легче, чем считалось ранее.</p> <p>Изучение распространности воды в приповерхностном слое вещества является одним из главных направлений космических исследований Марса. Нейтронное зондирование Марса с орбиты – один из наиболее эффективных способов измерения количественного содержания воды в приповерхностном грунте. При помощи прибора ФРЕНД, установленного на борту спутника Марса TGO, получена детальная карта содержания воды в приповерхностном грунте Марса, выявлены локальные «оазисы» вблизи экватора, оценка содержания воды в которых достигает десятков процентов по массе. Существование таких «оазисов» крайне важно как с точки зрения выбора мест посадки будущих миссий, так и для понимания роли гидрологических процессов в эволюции Марса.</p> <p>Создана новая теория сверхтонких электронных токовых слоев в космической плазме, найден их универсальный пространственный масштаб. Результаты теории находят в хорошем согласии с наблюдениями тонких слоев. Полученный результат имеет принципиальное значение для исследования режима потери устойчивости токовым слоем и, в конечном счете, для прогнозирования магнитных возмущений вблизи Земли и планет Солнечной системы.</p> <p style="text-align: center;">ИКИ РАН</p> <p>Впервые в широком спектральном диапазоне (от ближнего инфракрасного до радио) исследовано строение фотодиссоциационных областей (ФДО) на границе областей ионизованного водорода S235A и S235C вокруг молодых массивных звезд класса В. Выявлены основные структурные элементы ФДО, показано, что молекулярный газ в окрестностях молодых массивных звезд имеет неоднородную ключковую структуру, из-за чего околозвездное вещество пронизано ультрафиолетовым излучением, диффундирующим через газопылевую среду. При помощи численной модели продемонстрировано, что линии</p>

изотопов, например, [13СII] на 158 мкм, являются индикаторами кинематики газа в ФДО, так как их профили формируются вблизи звезды в движущемся газе.

ИНАСАН в широком международном сотрудничестве

Впервые получена система однородных точных данных о содержании химических элементов от гелия до неонидов у медленно вращающихся нормальных звезд спектрального класса А. Используемый метод основан на моделировании спектров высокого разрешения при полном учете физических процессов, определяющих кинетику ионизации и возбуждения. Полученные результаты впервые позволяют сделать вывод, что избытки тяжелых элементов в поверхностных слоях являются общим признаком А-звезд и открывают новые возможности для построения теории физических процессов в недрах звезд промежуточных масс, а также поиска ответа на вопрос о ключевых факторах, определяющих процессы сепарации химических элементов по глубине в атмосферах А-звезд.

ИНАСАН, совместно с Национальными астрономическими обсерваториями Китая

Рассмотрены вариации дипольной и квадрупольной компонент солнечного крупномасштабного магнитного поля. Показано, что свойства квадруполю могут быть описаны моделями солнечного динамо, предполагающими отклонения от дипольной симметрии без независимого возбуждения мод квадрупольной симметрии. Эволюция солнечной активности включает в себя, помимо известного 11-летнего цикла, различные временные масштабы, от месяцев до вторичных циклов (среднесрочные колебания). Изучены 5–6-летние колебания по данным о солнечных пятнах и по временным рядам солнечного магнитного диполя. В рамках модели солнечного динамо показано, что наблюдаемые среднесрочные колебания связаны с нелинейным насыщением динамо-процессов в недрах Солнца.

ИЗМИРАН, МГУ, ИСЗФ СО РАН

При помощи численного моделирования показано, что длительный цикл крутильных колебаний Солнца (20-летние зональные вариации вращения) возбуждается при достаточно сильном перекрытии динамо волн, когда начало магнитного цикла на высоких широтах примерно совпадает с окончанием предыдущего цикла того знака на экваторе. Еще один механизм, обеспечивающий 20-летние крутильные колебания, связан с влиянием магнитных полей на конвективный теплоперенос. Данный эффект приводит к модуляции вариаций меридиональной циркуляции в магнитном цикле. Модель предска-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>зывает 20-летние колебания меридиональной циркуляции, сопровождающие зональные вариации скорости вращения. Вариации меридиональной циркуляции вместе с другими драйверами крутильных колебаний, такими как магнитные напряжения и сила Лоренца, поддерживают миграцию крутильных колебаний от высоких широт к экватору в течение полного магнитного цикла.</p> <p style="text-align: center;">ИСЗФ СО РАН, Центр численной гелиофизики NJIT (США)</p> <p>С помощью радиотелескопа RT-22 в Симеизе обнаружен самый мощный в Галактике мазер метанола СН₃ОН в направлении на массивную область активного звездообразования G358.931-0.030. Сложные вспышки на частоте 20,971 ГГц с плотностью потока до 2600 Ян являются самыми мощными за всю историю наблюдений. Наблюдается необычное поведение вспышек на близких частотах с полным исчезновением одной из вспышек на соседней частоте 19,967 ГГц. Такой феномен наблюдается впервые. Показано, что вспышки могут принадлежать кластеру мазерных образований. Впервые в мире обнаружена серия вспышек в объекте звездообразования W49N, характер вспышек подтверждает двойственность центрального источника, возбуждающего мазерное излучение. Получены параметры двойной системы из массивных звезд, вращающихся вокруг общего центра тяжести на расстоянии около 1,5 а.е. друг от друга, подтверждающие гипотезу о том, что отдельные гигантские вспышки водяного мазера могут возникать при увеличении длины пути накачки мазера.</p> <p style="text-align: center;">КраО РАН</p> <p>Анализ изображений сотен активных галактик, полученных с экстремальным угловым разрешением на системе апертурного синтеза VLBA, показал изменение геометрии выброса на расстоянии около миллиона гравитационных радиусов от центральной черной дыры. Это оказалось типичным свойством джетов в активных галактиках. Реализованное линейное разрешение позволило разглядеть переход от параболической к конической форме для самых близких галактик. Это позволило лучше понять механизм коллимации релятивистских струй и оценить свойства центральной машины.</p> <p style="text-align: center;">ФИАН</p>

Впервые разработана полная модель населенности метастабильного уровня гелия HeI(2S3) в атмосферах горячих экзопланет и расчета транзитного поглощения в линии 1083 нм. Смоделировано трехмерное планетарное течение теплых непунов GJ3470b и Wasp107b и на основе сравнения с наблюдениями оценено содержание гелия в экзопланетных атмосферах. Полученные результаты подтверждают существующие представления о вероятном содержании элементов в газовых планетах гигантах, а также свидетельствует о новом явлении не встречающемся в Солнечной системе – существовании плотных горячих плазмосфер вокруг близко-орбитальных экзопланет, простирающихся на несколько радиусов планеты.

ИЛФ СО РАН

Получены новые решения для МГД ударных волн в бесстолкновительной температурно-анизотропной плазме солнечного ветра с тепловыми потоками, определены области параметров плазмы перед фронтом, для которых за фронтом ударной волны имеют место приводящие к развитию турбулентности неустойчивости (шланговая, зеркальная, ионно-звуковая). Полученные решения дают возможность более детальной диагностики плазмы солнечного ветра по результатам локальных и дистанционных измерений ударных волн.

ИЗМИРАН

Получено первое отождествление быстрого радиовсплеска со вспышкой магнетара. Космическим гамма-спектрометром ФТИ им. Иоффе «Конус-WIND» зарегистрирована вспышка от магнетара SGR 1935+2154, с необычно жестким спектром, сопровождавшаяся мощным радиовсплеском, измеренным радиотелескопами CHIME и STARE2. Одновременное детектирование и точное совпадение пиков на кривых блеска рентгеновского и радиоизлучения впервые позволило установить связь между галактическими магнетарами и быстрыми радиовсплесками. Детальный анализ необычных свойств этой вспышки позволил выдвинуть гипотезу о генетической связи радиовсплесков с редкими аномально жесткими рентгеновскими вспышками магнетаров и подкрепить ее согласием оценок частоты таких событий.

ФТИ Иоффе, ГАИШ МГУ, НИУ ВШЭ

Создана и введена в эксплуатацию РСДБ-сеть на базе радиотелескопов нового поколения РТ-13, расположенных в радиоастрономических обсерваториях «Светлое», «Зеленчукская» и «Бадары» РСДБ-комплекса «Квазар-КВО». Главной особенностью

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>радиотелескопов РТ-13 является возможность одновременного приема радиосигналов естественного и искусственного происхождения в следующих диапазонах частот: S (2,2–2,6 ГГц), X (7,0–9,5 ГГц) и Ka (28–34 ГГц) в левой и правой круговых поляризациях с полосой регистрации 512 МГц и суммарным потоком данных до 16 Гбит/с, а также при использовании сверхширокополосных приемников – регистрация сигналов в диапазоне частот 3–16 ГГц с полосой 1 ГГц в двух линейных поляризациях и суммарным потоком данных 32 Гбит/с. Созданная РС/ДБ-сеть способна проводить до 8 часовых сессий наблюдений в сутки для определения поправок к Всемирному времени. По результатам корреляционной и вторичной обработки, проводимой в режиме квазиреального времени, достигнутая точность определения Всемирного времени составляет 19 мкс.</p> <p style="text-align: center;">ИПА РАН</p> <p>Открыт новый механизм генерации больших пиков в начальном спектре пространственных неоднородностей плотности материи на инфляционной стадии в ранней Вселенной, которые приводят затем к образованию первичных черных дыр. Эти черные дыры могут иметь широкий интервал масс от астероидных до солнечной и более, и составлять в настоящее время значительную долю темной материи или даже ее всю. Такой механизм естественно возникает в двух-полевых моделях с двумя стадиями инфляции при наличии большой связи полей в кинетическом члене одного из них. Одновременно рассчитан фон стохастических гравитационных волн, генерируемый этими неоднородностями во втором порядке по их амплитуде. Он может количественно объяснить первые указания на существование таких волн из недавних измерений шума в сигналах пульсаров.</p> <p style="text-align: center;">ИТФ Ландау РАН.</p>

III. Технические науки

17. Основы эффективного развития и функционирования энергетических систем на новой технологической основе в условиях глобализации, включая	В рамках проекта «Устойчивое развитие энергетики России в условиях неопределенности, угроз и рисков» получены следующие основные результаты, определенные госзадаaniem: развиты методология и инструментарий для комплексного обоснования и принятия стратегических решений государства в сфере развития энергетики в условиях
--	--

проблемы энергобезопасности, энергосбережения и рационального освоения природных энергоресурсов

глобальных и национальных вызовов разного рода и наиболее эффективных комбинаций административных и экономических механизмов управления развитием в энергетике, исходя из количественной оценки последствий для энергетического бизнеса, потребителей и экономики в целом, возникающих на отраслевом, межотраслевом и макроэкономическом уровнях; выполнен анализ эффективности реализации в отраслях ТЭК стратегических решений в рамках энергетической политики за счет существующих механизмов управления развитием, включая обоснование целевых индикаторов развития и мер координации и стимулирования инвестиционной деятельности в рыночной среде, и сформированы предложения по совершенствованию приоритетов энергетической политики, путей и способов ее реализации через влияние на хозяйственную среду, обеспечивающих наибольшее влияние на динамику экономического роста; исследованы особенности организации эффективного управления инновационным развитием энергетики России, сформированы предложения по совершенствованию системы применяемых методов и моделей для прогнозирования НТР, а также обоснованы пути и способы перестройки существующей инновационной среды в энергетике для обеспечения целей и задач энергетической политики страны с учетом ведущей роли государства и максимизации вклада в развитие экономики страны в целом.

В рамках проекта «Тенденции и перспективы развития мировой энергетики и мировых энергетических рынков» получены следующие основные результаты, определенные госзадаaniem: разработана методология и инструментарий по учету факторов энергетической политики в модельном комплексе прогнозирования мировой энергетики с учетом необходимых методологических совершенствований в рамках стратегических целей и планов государств; проведен детальный анализ новых мер энергетической политики, подходов к их реализации и целевых показателей, а также оценено планируемое воздействие на энергетический баланс и межотраслевую конкуренцию; разработан сценарный долгосрочный прогноз развития мировых энергетических рынков с учетом разных вариантов посткризисного развития и возможностей по практической реализации поставленных целей, оценено воздействие рыночных изменений на Россию.

ИНЭИ

Разработана уникальная методология и инструментарий обоснования развития электроэнергетических систем России в условиях дерегулирования, технологической и странственной интеграции. Впервые кроме технико-экономических параметров учитывается организационный фактор. При исследовании глобальных интеграционных процессов

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>анализируется формирование межгосударственных энергообъединений с учетом особенностей организации национальных энергосистем. Разработанные концептуально-методическая база и модельно-вычислительный инструментарий дают возможность на новом качественном уровне, комплексно, с высоким уровнем детализации исследовать российские электроэнергетические системы, учитывая потенциальные и имеющиеся внешние электрические связи ЕЭС России и смежные электроэнергетические системы других стран, организационное разделение и интересы всех субъектов, существенно расширяя спектр решаемых задач сложившейся методологии обоснования развития электроэнергетики. Инструментарий апробирован на ряде масштабных прикладных исследований, в том числе при разработке программы развития гидроэнергетики России на перспективу до 2050 года и при оценке системной эффективности для формирования межгосударственного энергообъединения в Северо-Восточной Азии.</p> <p style="text-align: center;">ИСЭМ СО</p> <p>Выполнен анализ технологических, экономических эффектов при внедрении интегрированных тепло- и хладоснабжающих систем в условиях Крайнего Севера, на примере г. Якутска. Путем дешифрирования космических снимков 2014-2020 г.г. и полевых исследований 2018 г. определены факторы воздействия магистральных трубопроводов на состояние природной среды, в том числе ландшафтная структура территории прохождения трассы газопровода, степени устойчивости ландшафтных комплексов к техногенному воздействию, местоположение наледных участков, пересекаемых трассами магистральных трубопроводов на территории Алданского и Нерюнтринского районов. Определены форма, размеры, площади наледей в период усыхания и разрушения. Разработаны методы повышения эффективности полуводных электропередач с промежуточным отбором мощности с помощью тиристорного стабилизатора параметров, который позволяет поддерживать требуемые значения напряжения и тока в месте отбора мощности в зависимости от передаваемой мощности по полуводной линии электропередачи. Определена экономическая эффективность внедрения полуводных электропередач с промежуточным отбором мощности по сравнению с компенсированными электропередачами.</p> <p style="text-align: center;">ИФТПС СО</p>

<p>18. Физико-технические и экологические проблемы энергетики, тепломассообмен, теплофизические и электрофизические свойства веществ, низкотемпературная плазма и технологии на ее основе</p>	<p>Проведен критический анализ применяемых базовых принципов сравнительных оценок экологического ущерба, применяемых в Российской Федерации и за рубежом при хроническом воздействии различных вредных веществ и ионизирующего излучения на биоту. При существующих уровнях содержания техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды в районах расположения предприятий атомной отрасли их воздействие на популяции, сообщества и местные экосистемы незначимо по сравнению с другими антропогенными факторами и может определяться только аналитическими методами. На основе современных достижений радиобиологии и разработки принципов сравнительной оценки экологического ущерба были, в частности, обоснованы критерии для оценки вреда биоте от ионизирующего излучения на популяционном и экосистемном уровнях организации живой материи.</p> <p>Решена проблема необходимости автоматизации процедур оценки социально-экономических и радиационных последствий аварий на объектах использования атомной энергии и разработки основополагающих принципов для создания специализированных информационных систем. Представлен обзор существующих расчетных моделей и программных средств, используемых в мировой практике для автоматизации решения данного типа задач. Представлены результаты исследования, в которых, на основании многолетнего опыта ИБРАЭ РАН по сбору, обработке и анализу серийных измерений различных параметров радиационной обстановки, описывается модель первичной обработки данных радиационного мониторинга, необходимая для создания программных средств, использующих эти данные в расчетах. Выработаны основные принципы формирования специализированных информационных систем, ориентированных на решение задач анализа последствий радиационного загрязнения территорий и применения на них мер вмешательства. Предлагается минимальный набор географически привязанных данных для наполнения такой информационной системы и приводится общая схема её организации. Приводятся предпосылки и детальное описание информационной системы, основанной на взаимодействии базы данных и геоинформационной системы, разработанной для всестороннего анализа последствий радиационной аварии на АЭС «Фукусима-1» в 2011 году.</p> <p style="text-align: center;">ИБРАЭ</p>
	<p>Разработана технология многоступенчатой газификации низкосортных топлив для устойчивого электроснабжения децентрализованных потребителей. Получены новые теоретические знания в рамках развития теории гетерогенного твердого топлива с вы-</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>соким содержанием кислорода в составе. С использованием моделей рассчитаны параметры многоступенчатого реактора, на основании которых был смонтирован пилотный прототип газогенератора мощностью 30 кВт по топливу. Газогенератор состоит из трех реакторов – реактор пиролиза, реактор дожигания пиролизного газа и смолы, реактор газификации, что позволяет получать бессмольный генераторный газ. Эксперименты, проведенные с использованием разработанного газогенератора и двигателем внутреннего сгорания, подтвердили высокую эффективность и стабильность состава генераторного газа. Использование разработанной технологии в схеме мини-ТЭЦ мощностью до 1 МВт повышает эффективность установки на 10–12 % при одновременном снижении экологической нагрузки.</p> <p style="text-align: center;">ИСЭМ СО</p> <p>Выполнена подготовка опытно-промышленного стенда для исследований по совместному сжиганию угольных топлив в виде пылевидного угля (ПУТ) и водоугольной суспензии (ВУТ). Выполнены эксперименты по совместному сжиганию ПУТ и ВУТ. Проведены расчётные исследования процессов совместного сжигания водоугольного и пылеугольного топлива в топочной камере мощностью 5 МВт для разных режимов работы оборудования. Исследовано влияние соотношения подачи разных топлив (ВУТ: 0-25%, ПУТ: 100-75%) на процессы, протекающие в топочной камере. Определены экологические показатели и эффективность режимов горения при разных соотношениях подачи водоугольного и пылеугольного топлива. Определено минимальное содержание угля микропомола в суммарном количестве подаваемого ПУТ и ВУТ для устойчивой работы котла. На основе комплексного математического моделирования определены экологические показатели (NOx, недожог топлива) и эффективность режимов горения топлива при различных соотношениях подачи пылевидного угля и водоугольной суспензии в топочную камеру энергетического котла. Разработана математическая модель основанная на Эйлеровой модели двухфазной среды и вихреразрезающей RANS/LES модели турбулентности для анализа влияния воздушных или паровых включений на развитие гидродинамических и гидроакустических процессов в проточном тракте ГЭС.</p> <p style="text-align: center;">ИТ СО</p>

Впервые в мире показаны перспективы применения импульсно периодического лазерного излучения на уровне мощности до 5 кВт и с частотой до 200 кГц для управления микроструктурой формируемых функционально-градиентных металлокерамических композитов на основе титанового сплава BT-6 и керамики В4С. При проведении исследований фазового состава в объеме наплавленного материала, также впервые использовано синхротронное излучение установки класса MegaScience. Экспериментальные исследования показали, что использование импульсно-периодического лазера с высокой пиковой мощностью и плотностью мощности в сфокусированном пучке позволяет не только воздействовать как источник энергии, но и формировать ударно-волновой фронт и тепловые волны в материале, что приводит к упорядочиванию и уплотнению создаваемой структуры (уменьшению пористости). Учитывая сложные химические превращения в расплаве и в процессе затвердевания, важную роль играет контроль за фазовыми превращениями во всем объеме композита. Определены оптимальные энергетические условия лазерной сварки разнородных сплавов BT-20 и В-1461.

ИТПМ СО

Исследовано влияние режимов электроискрового легирования с использованием гранул на структуру и свойства формируемых покрытий. В основе метода лежит явление полярного переноса вещества от железных гранул в поверхностные слои стального катода, размещенного в центре камеры при подаче на них импульсного напряжения. Длительность импульсов изменяли в диапазоне от 20 мкс до 500 мкс. Предварительно в камеру подавали аморфизуемый порошок (W, Cr, Si, В, и С). Время эксперимента составляло 10 минут для всех образцов, а аргон подавали со скоростью 10 л/мин. Исследование образцов включало металлографию, рентгенофазовый анализ, растровую микроскопию, EDS, Kaman. Структура образцов была однородной с содержанием доли аморфной фазы от 50 до 70 об.%. При повышении длительности импульсов толщина покрытий возрастала от 20 до 60 мкм. Микротвердость покрытий достигала 10 ГПа. Образцы отличались высокой жаростойкостью, которая превосходила сталь 45 в 15 раз. Исследования с использованием СЭМ образцов, испытанных в режиме термоциклирования длительностью 100 часов при температуре 700°C показали, что оксидная пленка не формируется даже в местах трещин покрытия. Износостойкость образцов была в 10 раз выше, чем у стали 45, что объясняется высокой твердостью и особой природой металлических стекол.

ИМ ХНЦ ДВО

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
<p>19. Фундаментальные проблемы современной электротехники, импульсной и возобновляемой энергетики</p>	<p>Выполнены расчетные исследования возможности увеличения коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) солнечных электростанций (СЭС) за счет применения систем слежения за Солнцем и двусторонних фотоэлектрических модулей (ФЭМ) на территории РФ. Актуализирована локальная база климатических данных. На ее основе проведено моделирование сетевых СЭС и сопоставление с результатами их эксплуатации. Сформирована база данных оборудования СЭС. Проведен первый этап сравнительных испытаний мультикристаллического и гетероструктурного ФЭМ и испытания контроллера фотоэлектрического водонагревателя. В рамках программы изучения свойств теплоаккумулирующих материалов исследована поверхность ликвидуса четырехкомпонентной системы $\text{NaF-NaCl-NaBr-Na}_2\text{CrO}_4$. Произведено разбнение системы Li^+, Na^+, K^+, Ca^{2+}, $\text{Ba}^{2+} \parallel \text{F}^-$ на симплексы, сформированы древа фаз и кристаллизаций, выявлены моновариантные и невариантные фазовые реакции. Определены энтальпии фазовых переходов 11 эвтектических составов. Описано химическое взаимодействие во взаимных системах: Na^+, $\text{Sr}^{2+} \parallel \text{Cl}^-$; MoO_4^{2-}; Na^+, $\text{Sr}^+ \parallel \text{Cl}^-$; WO_4^{2-} и Na^+, $\text{Sr}^+ \parallel \text{Cl}^-$; MoO_4^{2-}, WO_4^{2-}. Разработан образец солнечного воздушного нагревателя с тепловым аккумулятором. Проведены режимные испытания экспериментальной комбинированной энергетической установки теплоснабжения индивидуального жилого дома площадью 120 кв. м, состоящей из солнечных жидкостных и воздушных коллекторов со встроенным фазопереходным аккумулятором тепла, фотоэлектрических модулей, теплового насоса и грунтового теплового аккумулятора сезонного действия.</p> <p>С использованием макета излучателя СШП импульсов субнаносекундной длительности (~100 пс) получена оценка эффективности преобразования энергии в излучателе на разных этапах её преобразования. Она составила: в тракте АФС – 22%, от фидера генератора возбуждения в излучение в главный лепесток ДН антенны – 4%, от источника электропитания генератора в энергию СШП излучения в центральной части главного лепестка ДН антенны – ~1%. Обнаружено, что особенность излучателя СШП импульсов с апертурной антенной состоит в том, что доля энергии излучения, попадающей в центральную часть главного лепестка диаграммы направленности (ДН) антенны, сравнительно мала. Повышение эффективности преобразования энергии в излучателе может быть достигну-</p>

то при согласовании временных параметров импульса возбуждения антенны с размером ее апертуры, повышении выходного импеданса антенны, уменьшении фидерных потерь. Сделан вывод, что если при распространении СШП сигнала в антенно-фидерной системе (АФС) излучателя фидерные потери ограничить на уровне 10%, импеданс раскрыва довести до 300 Ом, а эффективность главного лепестка ДН антенны до 35%, то качество АФС по формированию направленного СШП излучения составит $\approx 28\%$. Были выявлены и систематизированы механизмы нарушения качества функционирования электронных технических средств (ЭТС) при воздействии помеховых электрических сигналов.

Разработаны методы расчёта режима охлаждения ВТСП тоководов и кабелей и схемы криогенных установок закрытого цикла с минимумом энергозатрат при передаче активной мощности, эффективно работающих за счет оптимизации теплопритоков в холодильной зоне. Исследовано облужение ВТСП лент 2-го поколения на основе $R\bar{3}M - Y, Gd, Eu, Nd$ ионами Au ($E \leq 18 \text{ МэВ}$), увеличивающее их токонесущую способность за счет образования искусственных центров пиннинга при $T = 50-77 \text{ К}$ в полях 1-3 Тл без изменения критической температуры ВТСП материала. Разработанный метод позволит улучшить критические свойства ВТСП лент. Разработаны конструкции 3-фазных ВТСП кабелей с токами более 10 кА и потерями ниже 1 Вт/м, (что на порядок меньше потерь стандартных кабелей с токами 5 кА), оптимизированные по расположению конфигурации лент для ВТСП линии передачи от генератора АЭС к трансформатору. Исследовано взрывное разрушение лент током для использования в силовых предохранителях (ВТСП-П), создана программа расчета переходных процессов с учетом параметров защищаемой сети, экспериментально подтверждена возможность создания ВТСП-П с себестоимостью, на порядок меньшей, чем у других типов токоограничителей.

ОИВТ

Изучены физические механизмы возникновения наномасштабных неоднородных состояний и наноструктур в различных функциональных материалах. Исследованы новые типы квантовых неоднородных состояний типа полуметалла (half-metal). В полуметаллах поверхность Ферми полностью поляризована по спину. Пролемонстрировано, что легирование диэлектрика с волнами плотности даже в пределе слабой связи может стабилизировать новые типы полуметаллических состояний, такие как спин-долинный полуметалл и полуметалл с волной зарядовой плотности. Показано, что электрический ток может сопровождаться переносом спина или спин-долинного квантового числа. Такие эффекты могут быть интересны в спинтронике и проложат путь к спин-долинной электронике.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Продemonстрирована возможность использования неупругого рассеяния нейтронов для обнаружения полуметаллических состояний. Исследование электронных и транспортных характеристик графеноподобных материалов.</p> <p>Изучены электронные характеристики двухслойно графена при углах поворота слоёв, близких к так называемому «первому магическому углу» (около 1°). Показано, что основным состоянием рассматриваемой системы является волна спиновой плотности. Изучены эффекты ёмкостного и резистивного переключения (РП) в мемристивных структурах металл/наномпозит/металл (М/НК/М) на основе НК (CoFeB)x(LiNbO₃)100 – x с содержанием ферромагнитного сплава x ≈ 8–20 ат. %. Слои НК, наряду с металлическими наногранулами размером 3–6 нм, содержали большое количество неравновесных диспергированных атомов Co (Fe) (до ~1022 см⁻³). Показано, что кинетика РП в низкоомное состояние характеризуется двумя стадиями: после приложения напряжения вначале наблюдается задержка ≈ 70 мкс, а затем наступает резкое уменьшение сопротивления за время около 5 нс. Энергозатраты на переключение ~1 нДж. При переключении структур из высокоомного (ROFF) в низкоомное (RON) состояние обнаружено сильное увеличение их ёмкости, которое достигает 8 раз. Проведено изучение свойств топологических диэлектриков различного типа.</p> <p style="text-align: center;">ИТПЭ</p>
20. Междисциплинарные проблемы атомной, термоядерной, водородной, космической и нетрадиционной энергетики	<p>Разработаны электрическая, гидравлическая и газовая схемы экспериментальной энергоустановки, использующей в качестве топлива водород биологического происхождения. Проведены экспериментальные исследования тепловых процессов металлургической системы очистки биоводорода. Проведены экспериментальные исследования процессов при работе водородного накопителя энергии с металлургическим реактором хранения водорода воздушного охлаждения на мощностях до 1 кВт. Разработаны и исследованы экспериментальные образцы новых анодных материалов для металлургических топливных элементов. Экспериментально исследован кризис тепломассопереноса при зарядке металлургических реакторов, содержащих сплавы типа LaNi₅. Показано, что кризис тепломассопереноса связан с резким ростом равновесного давления водорода над металлом при повышении температуры. При приближении равно-</p>

	<p>весного давления к значению давления газа на входе в реактор, реакция гидрирования практически останавливается. Получено аналитическое решение для эволюции температуры внутри реактора в докритическом режиме, которое позволяет предсказывать наступление кризиса тепломассопереноса без необходимости сложного моделирования. Разработана программа и методика испытаний экспериментального образца водородно-воздушной камеры сгорания. Экспериментальный стенд и системы управления модернизированы для проведения испытаний водородно-воздушной камеры сгорания. Проведены экспериментальные исследования полноты сгорания топлива и тепловых процессов в камере. Установлено, что полнота сгорания водорода превышает 99,4 %. Разработаны алгоритмы заряда и разряда для гибридного водородно-воздушного накопителя энергии, на основе которых выбраны решения для обеспечения эффективного долгосрочного накопления энергии.</p> <p style="text-align: center;">ОИВТ</p> <p>Впервые разработана теория неклассических процессов переноса примеси в резко контрастной двупористой среде в присутствии окружающего источник заградительного барьера при наличии одиночной крупномасштабной неоднородности в виде адвективного канала. Установлено, что на пути от источника примеси к каналу реализуется ряд сменяющих друг друга в пространстве и во времени различных режимов переноса – классических и неклассических, сформированных особенностями структуры среды и действием барьера. Полученные результаты могут быть использованы для проведения оценок надежности захоронения радиоактивных отходов в геологических формациях.</p> <p style="text-align: center;">ИБРАЭ</p>
<p>21. Общая механика, навигационные системы, динамика космических тел, транспортных средств и управляемых аппаратов, механика живых систем</p>	<p>Рассмотрена ограниченная задача трех тел (материальных точек), движущихся под действием ньютоновского гравитационного притяжения, причем массы основных притягивающих точек равны, сами точки движутся по круговым орбитам вокруг общего центра масс, а третья точка имеет пренебрежимо малую массу и движется вдоль прямой, перпендикулярной плоскости орбит основных точек и проходящей через их центр масс. Для случая, когда движение третьей точки представляет собой колебания, предложена процедура введения переменных действие-угол. Рассмотрены нелинейные колебания малой амплитуды и колебания с амплитудами, сколь угодно большими по сравнению с расстоянием между основными притягивающими точками. Построен алгоритм переориентации твердого тела с помощью нескольких подвижных внутренних масс. Получены</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>оценки погрешности для смещения центра масс твердого тела и углов его ориентации в пространстве в зависимости от величины внешних сил и времени переориентации. Получены динамические характеристики работы захватных устройств при вариации управляющих воздействий. Проведены предварительные эксперименты с роботом вертикального перемещения на стенде, позволяющем моделировать внешние воздействия на отрыв и сдвиг. Разработаны новые конструктивные схемы роботов вертикального перемещения, которые позволяют изменять клиренс при движении по поверхностям произвольного наклона с наличием различных препятствий.</p> <p style="text-align: center;">ИПМех</p> <p>Разработан в нелинейной динамической постановке с использованием дуальных квадратионов (бикватернионов Клиффорда) новый метод аналитического построения управления пространственным движением твердого тела, в частности, космического аппарата, рассматриваемого как твердое тело. Управлением обеспечена асимптотическая устойчивость в целом любого выбранного программного движения в инерциальной системе координат и желаемую динамику управляемого движения тела.</p> <p style="text-align: center;">ИТПМУ</p> <p>Разработана информационно-вычислительная модель маршрутизации движения автономного подводного робота в процессе траекторных скалярновекторных измерений параметров геофизических полей с восстановлением цифровой карты и ее представлением в визуализированном виде в 2D и 3D форматах. Получены оценки информативности реконструированной карты локального (аномального) поля для решения задачи навигационной коррекции. В оптимизационных алгоритмах статистического оценивания учтены динамические ошибки при выполнении поисковых маршрутов, усредненные ошибки геодезических измерений, картографирования и инерциальной навигации. Детально исследованы особенности задачи на примере конкретного аномального поля силы тяжести. Рассмотрена задача функционального диагностирования систем ответственного назначения, описываемых моделью недетерминированного конечного автомата. Предложен</p>

	<p>новый метод решения задачи, отличительной особенностью которого является использование математического аппарата алгебры покрытий в отличие от известной алгебры разбиений.</p>
<p>22. Механика жидкости, газа и плазмы, многофазных и неидеальных сред, механика горения, детонации и взрыва</p>	<p style="text-align: center;">ИПМТ ДВО</p> <p>Построена универсальная модель разряда, позволяющая численное моделирование равновесных и неравновесных разрядов в воздушных потоках. Основа модели – согласованное описание химической кинетики при высоких температурах и высоких электрических полях. С помощью новой модели выполнено численное моделирование осесимметричной дуги в слутном сверхзвуковом потоке для токов дугового разряда 0,1–10А. Показано, что при токах больше 0,3А кинетика разряда практически полностью термическая. При меньших токах – разряд сильно неравновесный с температурой электронов. На установке СМГДУ проведены эксперименты по исследованию электрических характеристик промежутка между двумя электродами, заполненного слабоионизованной воздушной плазмой. Измерены наведенные в поле постоянных магнитов напряжения и соответствующие им токи индукции при омической нагрузке во внешней цепи. Построены ВАХ разряда для случая дополнительной подачи на межэлектродный промежуток импульса тока от внешнего источника. На основе полученных экспериментальных результатов выполнены теоретические оценки эффективности поверхностных МГД генераторов на борту гиперзвукового летательного аппарата. Обоснована техническая реализация коллективного метода ускорения плазменных потоков в скрещенных нестационарных электромагнитных полях в виде малогабаритного ускорителя. Установлены необходимые условия для захвата и ускорения комплексных плазм.</p> <p style="text-align: center;">ОИВТ</p> <p>Представлен расчетный анализ неравновесных аэрофизических процессов у поверхности спускаемого аппарата Schiaparelli на участке гиперзвукового полета в плотных слоях атмосферы Марса. Расчетное исследование условий обтекания спускаемого аппарата Schiaparelli при его посадке на Марс показало, что в диапазоне высот 80-30 км в возмущенной спускаемым аппаратом области течения электронная концентрация достигает значений $109 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$. Указанные расчетные данные подтверждаются летными данными по блокировке радиосигналов, которые передавались спускаемым аппаратом на орбитальный модуль.</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Исследованы отдельные факторы, влияющие на корректность сравнения расчетных и экспериментальных данных по аэродинамическим характеристикам волнолетов: локальное несовпадение формы виртуальной модели волнолета и образца для стендового испытания и структура коэффициента лобового сопротивления исследуемой конфигурации, который включает в себя компоненты, обусловленные давлением, поверхностным трением и сопротивлением донного среза. Результаты расчетов показывают, что учет поверхностного трения качественно меняет характер распределения коэффициента лобового сопротивления при различных числах Маха.</p> <p>Созданы методы расчета физических взрывов при резком вскипании объемов перегретой жидкости, характерные для аварий при хранении и транспортировке сжиженных углеводородных газов и двуокиси углерода. Разработана и валидирована математическая модель, основанная на приближении квазигомогенной парожидкостной смеси, позволяющая рассчитывать волновую картину многофазного течения при разрушении оболочки резервуара высокого давления, в том числе при его частичном заполнении. Проведено сравнение с имеющимися экспериментами по взрывам резервуаров со сжиженным пропаном при различной степени заполнения. Показано, что характерные для взрывов профили давления с несколькими максимумами обусловлены не последовательным расширением сначала пара, а потом вскипающей жидкости, а являются следствием формирующихся в смеси волн сжатия-разгрузки, их взаимодействием и отражением. Полученные результаты применимы для оценки опасностей техногенных аварий, позволяя снизить неопределенности имеющихся эмпирических формул, используемых в инженерной практике.</p> <p>Экспериментально установлены закономерности теплообмена высокотемпературных струй воздушной плазмы, истекающих из щелевых сопел, с плоскими высокотемпературными поверхностями, имеющими различные каталитические и излучательные свойства, в условиях, локально моделирующих аэродинамический нагрев при входе тел в атмосферу.</p> <p style="text-align: center;">ИПМех</p> <p>С использованием оригинальной численной модели исследовано влияние формы тепловых аккумуляторов на эффективность их зарядки и разрядки для накопителей тепловой энергии на основе гранулированных материалов с фазовыми переходами. Показано,</p>

	<p>что форма накопителя энергии влияет на динамику газового теплоносителя, что оказывает влияние на процессы теплообмена, накопления и отдачи тепла. Наиболее оптимальная форма накопителя энергии в процессах как зарядки, так и разрядки зависит от выбора критерия эффективности и конкретных условий процесса, таких как граничные условия, температура фазового перехода гранулированного материала и так далее.</p>
<p>23. Механика деформирования и разрушения материалов, сред, изделий, конструкций, сооружений и триботехнических систем при механических нагрузках, воздействии физических полей и химически активных сред</p>	<p>ИАПУ ДВО</p> <p>Расширен диапазон состояний, экспериментально доступных для описания процессов высокоскоростной деформации и разрушения твердых тел. По новым методикам проведены ударно-волновые эксперименты при нормальной и повышенной температурах. Для металлов с ГЦК кристаллической решеткой начальное сопротивление высокоэластичности деформированию аномально возрастает с увеличением температуры. Однако для Ti с гексагональной плотноупакованной решеткой обнаружено уменьшение предела текучести за ударной волной, при этом падение предела упругости сопровождается значительным возрастанием динамической прочности на разрыв. Рассчитан коэффициент диффузии пустых нанополостей в алюминии. Теория диффузии путем образования кристических террас на гранях дополнена таким образом, чтобы не возникло противоречия с континуальной моделью для макроскопических размеров. Результаты моделирования показывают ключевую роль механизма образования террас в нанопузырях и подтверждают дополненную теорию. Учет влияния газа позволяет сравнить результаты моделирования с экспериментальными данными. Развиваемый подход может быть использован для моделирования переноса газообразных продуктов деления в ядерных топливах и реакторных материалах. Выполнена модернизация системы измерения акустической эмиссии в межблочной контактной зоне, позволяющая выявлять зоны кластеризации очагов акустической эмиссии (АЭ) перед динамическим срывом подвижного блока (лабора-торным «землетрясением») на пружинно-блочной модели сейсмогенного разлома земной коры. Впервые получены результаты по инициированию лабораторного «землетрясения» при инъекции флюида в зоны модельного разлома земной коры с различной концентрацией очагов АЭ.</p> <p>ОИВТ</p> <p>Построено численно-аналитическое решение задачи о торможении вязкоупругого цилиндра, катящегося по вязкоупругому основанию из того же материала. При постановке задачи принято во внимание распределение контактных давлений и касательных напря-</p>

Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>жений, зависящие от мгновенных линейных и угловых скоростей движения цилиндра. Для определения контактных характеристик в разные моменты времени используется решение соответствующей контактной задачи в квазистатической постановке.</p> <p>Проведен анализ влияния механических характеристик взаимодействующих материалов, коэффициента трения и начальных условий торможения на тормозной путь и время до останова.</p> <p>ИПМех</p> <p>Предложено приближенное аналитическое решение задачи о кручении при высоком давлении. Используется упруго-пластическая модель конечных деформаций, основанная на мультипликативном разложении тензора градиента деформации. Пластическая деформация описывается неассоциированным законом течения, таким образом, учитывается зависимость пластических свойств материала от давления. Получены замкнутые выражения для тензора напряжений и накопленной пластической деформации. Исследовано влияние свойств материала, а также величины начального давления на распределение локального среднего напряжения и накопленную пластическую деформацию. Получено простое аналитическое условие перехода от сцепления к скольжению на контактных поверхностях между образцом и наковальнями. В то же время этот переход ограничивает применимость полученного решения.</p> <p>ИМиМ ДВО</p>
24. Механика технологий, обеспечивающих устойчивое инновационное развитие инфраструктур и пониженной уязвимости по отношению к возможным внешним и внутренним дестабилизирующим факторам природного и техногенного характера	<p>Разработана теория идеальных пластических течений для материалов, подчиняющихся условию пластичности Кулона-Мора, с целью ее применения для оптимизации процессов обработки материалов давлением.</p> <p>ИПМех</p> <p>Предложены технологические варианты сокращения использования исходного рудного сырья для получения металлургической продукции путем применения метода аллотермии, способствующего эффективной комплексной переработке металлургических отходов и металлоломных и металлургических предприятий в виде окалины, стружки черных и</p>

	цветных металлов с одновременным получением литых заготовок. Исследованы закономерности влияния соотношения компонентов термитных смесей на параметры извлечения химических элементов из исходных компонентов. Рассмотрены способы управления структурой и свойствами отливок. Приведены зависимости влияния операций термообработки на формирование структуры и физико-механических свойств. Проанализированы диаграммы растяжения образцов до и после термообработки, рассмотрены структуры и дифрактограммы мест разрушения образцов. ИМиМ ДВО
25. Механика природных процессов	Проведено изучение процесса взаимодействия литосферных плит на предмет возникновения стартовых землетрясений при самых общих условиях сцепления двух сблизившихся плит с основанием на границе Конрада. Рассмотрен случай статической постановки задачи, который является наиболее сложным в связи с присутствием в зоне контакта трёхкомпонентного вектора напряжений. ЮНЦ РАН
26. Волновое машиностроение и волновые технологии. Инновационные основы машиноведения и современного машиностроения. Научные основы проектирования волновых машин и аппаратов. Управление волновыми машинами и аппаратами. Нелинейная волновая механика как фундаментальная основа волновых технологий. Нелинейные колебания и волны в многофазных средах. Биомеханические волновые процессы в системе "человек - машина - среда"	На основе применения деформационно-кинетического критерия усталостного разрушения и полученных экспериментальных данных завершено выполнение анализа вклада циклически обратимой (ширина петли гистерезиса), односторонне накапливаемой пластической деформации в общий баланс накапливаемого повреждения и в предельном случае (образование макротрещины) в зависимости от долговечности. Установлено, что чем меньше долговечность, тем большее повреждающее действие оказывает односторонне накапливающаяся деформация (квазистатическое разрушение). С ростом долговечности возрастает повреждение от упругой составляющей общей деформации углеродистой стали. ИМАШ РАН
	Завершена разработка метода оценки поврежденности и ресурса элементов сварных металлоконструкций из стали 09Г2С при эксплуатации в экстремальных условиях Арктики и Субарктики на основе обобщения исследований хрупкой прочности и вязкохрупкого перехода в металлах и конструкциях, эксплуатирующихся в условиях низких климатических температур. Показано, что применение комбинированных технологий РКУП и экструзии за один проход при температуре 673 К повышает прочность стали, при этом малочувствительными к снижению температуры остаются также и относительное оста-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p> <p style="text-align: center;">ИФТПС СО РАН</p>
<p>27. Динамика и устойчивость конструкций, взаимодействующих с жидкостью и газом. Обеспечение вибронадежности и повышение ресурса крупных современных объектов. Звукопоглощение.</p> <p>Механоакустика, вибромеханика, динамика транспортных потоков, научные основы проектирования оптимальных дорожных сетей</p>	<p>точное сужение. Дан анализ механизма разрушения материала в различных состояниях при одноосном растяжении в условиях комнатной и низкой температур.</p> <p style="text-align: center;">ИФТПС СО РАН</p> <p>Построена модель изнашивания и разрушения покрытий в зубчатых передачах микро-электромеханических систем на основе кремния, используемых для уменьшения адгезионного эффекта в таких системах. Покрытия предотвращают схватывание на наноуровне, но, как показывают эксперименты, схватывание появляется по мере износа покрытия. Поверхность зуба рассматривалась как гладкая поверхность, покрытая неровностями (наноблоками), вступающими в адгезионное взаимодействие с контртелом, износ покрытия моделировался по контактноусталостному механизму для разных значений нагрузки и силы трения. Показано, что из-за неравномерного перераспределения нагрузки на неровности происходит постепенное разрушение покрытий, сопровождаемое увеличением силы адгезионного взаимодействия и силы трения.</p> <p style="text-align: center;">ИПМех</p>
<p>28. Система много-критериального связного анализа, обеспечения и повышения прочности, ресурса, живучести, надежности и безопасности машин, машинных и человеко-машинных комплексов в междисциплинарных проблемах машиноведения и машиностроения, научные основы конструктивного материалоустройства</p>	<p>Завершена разработка инновационных технологических процессов формообразования деталей в изотермических и сверхпластических условиях.</p> <p>Завершена разработка методологии создания интеллектуальной системы управления шестикоординатным промышленным роботом, в котором осуществлено разделение степеней подвижности на управление по силе и позиционное управление перемещением по траектории.</p> <p>Разработан новый подход структурного анализа и синтеза технологических решений. Синтезировано новое семейство механизмов параллельной структуры с различным числом степеней свободы. Эти механизмы обладают пониженными массогабаритными характеристиками, повышенными функциональными возможностями и точностью.</p> <p style="text-align: center;">ИМАШ РАН</p>
<p>29. Триботехника и износостойкость высоконагруженных элементов машин</p>	<p>Предложен закон ограниченного по модулю управления, позволяющий перемещать платформу с упругими диссипативными элементами в заданное состояние покоя в ус-</p>

ловиях неполноты информации о фазовом состоянии системы и при наличии внешних возмущений. Исследован плоский поворот управляемого электроприводом упругого прямиголинейного стержня, нагруженного на свободном конце точечной массой.

ИПМех

Развита детерминированная теория терминального управления внутрибачковыми процессами жидкостных ракет-носителей и разгонных блоков. Теория основывается на решении задач синтеза классов терминального управления при различном уровне текущей и априорной информации и требований к переходным процессам. Предложены алгоритмы с прогнозированием при заданной стратегии будущего управления. Для решения задачи синтеза получены дифференциальные и разностные уравнения для невязок конечных условий. При синтезе более широкого класса терминального управления используется преобразование решений. Разработанные методы позволяют синтезировать алгоритмы управления для широкого диапазона режимов функционирования объекта. • 23 октября 2020 года произошло значимое для отечественной ракетной техники событие – успешно завершились первые огневые испытания ступени новой ракеты-носителя «Ангара-1.2». 14 декабря 2020 года ВКС России успешно провели пуск ракеты-носителя «Ангара-А5». Алгоритмы систем, которые управляли внутрибачковыми процессами и обеспечивали устойчивую работу, запуск и включение двигателя, разработаны в ИПУ РАН.

Исследована задача минимизации расхода топлива среднемагистрального пассажирского самолёта на этапе крейсерского полёта при фиксированном времени прибытия. В рамках работы: сформулирована задача оптимизации высотно-скоростного профиля крейсерского полёта при фиксированном времени прибытия; разработан детерминированный безградиентный поисковый метод оптимизации с учётом ограничений; разработана и реализована процедура вычисления расхода топлива как целевой функции оптимизации, проведено моделирование оптимизации высотно-скоростного профиля полёта для типовых условий.

ИПУ

Предложен подход к повышению надёжности функционирования роботов различного вида и назначения за счёт непрерывного контроля работоспособности их исполнительных элементов. Решение задачи основано на использовании комплекса диагностических наблюдателей с переменной структурой (НПС) для определения возникающих дефектов.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Для этого созданы новые процедуры построения НПС, которые в отличии от известных синтезируются таким образом, чтобы формируемая ими невязка реагировала на появление различных комбинаций возможных дефектов. Это позволяет за счет анализа невязок не только точно определить каждый конкретный дефект, но и произвести его точную оценку.</p> <p>ИАПУ ДВО РАН совместно с ИПМТ ДВО РАН</p> <p>Решена задача построения модели для оценки показателя качества выходного продукта нелинейно-го массообменного технологического объекта (МТО) на основе экспериментальных данных. Для анализа структурной идентифицируемости исследуемого процесса и выявления факторов, влияющих на точность индекса структурной идентифицируемости модели, предлагается методика на основе алгоритма чередующихся условий математических ожиданий (alternating conditional expectation – ACE). Определяется пороговое значение индекса структурной идентифицируемости на основе аналитической модели объекта, т.е. с учетом физико-химических особенностей рассматриваемого МТО. Применение предлагаемого подхода проиллюстрировано на синтетических и экспериментальных данных. Разработан метод автоматического формирования предельно высокой (переменной) программной скорости движения рабочих инструментов различных многостепенных манипуляторов по траекториям, формируемым параметрическими сплайнами третьего порядка. Эта скорость обеспечивает постоянное нахождение хотя бы одного электропривода манипулятора в предельно насыщенном состоянии (в линейной зоне работы всех используемых электроприводов) при неизменном сохранении высокой динамической точности управления. Результаты численного моделирования работы системы, созданной на основе этого метода, показали повышение производительности робототехнического оборудования без снижения точности выполняемых работ. Решена проблема формализации диагностики дефектов изоляции элементов высоковольтного электрооборудования (ВВО) на основе интерпретации интеральной картины частичных разрядов (ЧР), которая сама по себе не дает ответа на вопрос о количестве реальных дефектов и опасности каждого из них.</p> <p>ИАПУ ДВО</p>

Получены новые методики синтеза интеллектуальных алгоритмов распределения задач в группе мобильных роботов с учетом специфики окружения, роботов-агентов и т.д. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с разработанными ранее системами планирования. Продолжены исследования по созданию новых перспективных устройств микроманипулирования на базе капиллярного микрозахвата, в ходе которых выполнен анализ конструктивных схем аналогичных устройств, по результатам которого синтезированы новая архитектура и конструкция микрозахвата. Получены новые методики синтеза конструкции и моделирования основных узлов капиллярного микрозахвата с улучшенными эксплуатационными характеристиками. В отличие от известных пальцевых микрозахватов предлагаемая конструкция захвата не оказывает силового воздействия на объект манипулирования, что гарантирует отсутствие побочных деформаций и нарушения целостности или формы манипулируемой детали. Для минимизации размеров микрозахвата и повышения эффективности операций захватаотпускания (сокращение времени операции) было проведено моделирование работы различных конструкций микронасосов, использующих разные типы пьезоэлементов.

ИМех Уф НЦ

Завершена разработка основных положений, математических моделей и методов для построения и оптимального совмещения структур процессов и структур правил управления многоуровневыми с распределенными параметрами динамическими системами. Полученные результаты включают: разработку новой классификации процессов в многоуровневых с распределенными параметрами динамических системах; разработку и классификацию структур причинно-следственных, логических и функциональных связей, событий, явлений и действий в принимаемых решениях в процессах в многоуровневых с распределенными параметрами динамических системах; разработку моделей и методов оптимального по критерию совмещения структур правил управления и структур процессов в многоуровневых с распределенными параметрами динамических системах управления по целевому предназначению системами. Основным теоретическим принципом для получения указанных результатов является новое предлагаемое развитие методов рекуррентного определения последовательностей, представляющих процессы в системах.

ИПТМУ

Предложены конструктивная методология и алгоритмы ее реализации для решения ряда векторных задач оптимального управления объектами с распределенными параметрами

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p> <p>трами в условиях равномерной оценки целевых множеств, включая задачи многокритериальной оптимизации, проблемы учета комбинированных ограничений на конечное состояние управляемой системы и многоканального управления автономными и взаимосвязанными объектами. Предлагаемая методология сводится к совокупности процедур параметризации управляющих воздействий, последующей редукции к специальным формам задачи полубесконечной оптимизации и ее решению по модифицируемым схемам альтернативного метода, распространяющего на рассматриваемые проблемы результаты теории чебышевских приближений. Разработана архитектура интеллектуальной системы управления группировками малых космических аппаратов (КА) в реальном времени на основе мультиагентной методологии планирования и управления распределенными производственными системами. Актуальность разработки обусловлена перспективой создания, развертывания и эксплуатации крупномасштабных разнородных группировок низкоорбитальных малых КА, где каждый аппарат само-стоятельно принимает решения. Раз координирует их с другими аппаратами и станциями приема-передачи информации. Разработаны принципы построения систем контроля и измерения диагностических характеристик подшинниковых узлов (СКИДХ ПУ) энергосиловых установок повышенной мощности на уровне обобщенной структурно-функциональной схемы системы) и алгоритмов ее функционирования.</p> <p>ИПУСС-СамНЦ</p>
<p>30. Методы анализа и синтеза многофункциональных механизмов и машин для перспективных технологий и новых человеко-машинных комплексов, динамические и виброакустические процессы в технике</p>	<p>Распознавание функционального состояния животных с помощью технологий искусственного интеллекта. Предложены основные положения технологии идентификации животных по их фотоизображению, а также распознавания функциональных состояний животных по видеоданному высокого разрешения. Получены результаты, свидетельствующие, что глубокая нейросеть способна восстанавливать в своём латентном пространстве правильный временной порядок следования кадров на видео при решении задачи распознавания действий (поведения) подвижных объектов.</p> <p>Модель гетерохимических взаимодействий между нейронами и ее приложения. Исследована эффективность мультитрансмиссивной сети в задачах обучения с подкреплением.</p>

	<p>Реализованы механизмы нейромодуляции как инструмента управления нейронными ансамблями. Проведены симуляции ритмических активностей нервной системы различных моллюсков и изменения ритмов за счет эффекта нейромодуляции. Исследована и решена задача о прохождении сигнала через цепь асинхронных пороговых элементов. Результаты могут быть использованы при моделировании биологических нейронных сетей, а также различных процессов распространения активности.</p> <p style="text-align: right;">ИПУ</p>
<p>31. Общая теория систем управления и информационно-управляющих систем, методы и средства</p>	<p>Исследования по идентификации и управлению плазмой в токамаке. Разработана оригинальная методология проектирования иерархических каскадных систем управления нестационарными динамическими объектами с неконтролируемыми возмущениями с применением к управлению плазмой в D-образных токамаках. Предложены математические методы, устанавливающие общие закономерности взаимодействия уровней иерархии в иерархических каскадных системах управления. Разработаны структура и идеология имитационной платформы реального времени применительно к решению задачи цифрового управления положением, током и формой плазмы в действующем сферическом токамаке Глобус-M2.</p> <p style="text-align: right;">ФТИ им. А. Ф. Иоффе, г. С-Петербург</p> <p>Проведен сравнительный анализ полойдальных систем в ряде D-образных токамаков и сформулированы рекомендации по выбору типа токамака для сооружения в АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» (г. Троицк). Предложенные подходы и методы позволяют разработать линейные модели плазмы, модернизировать полойдальную систему токамака Игнитор, синтезировать и моделировать системы управления вертикальным и горизонтальным положением плазмы и практически могут быть применены для любого D-образного токамака.</p> <p>Мобильная привязная беспилотная платформа нового поколения. Разработаны теоретические основы проектирования, архитектура и аппаратно-программные средства мобильной привязной высотной беспилотной платформы нового поколения, имеющей обширное применение как в гражданских, так и оборонных отраслях. Разработанная платформа «Альбатрос» не имеет отечественных аналогов и превосходит по основным техническим характеристикам существующие зарубежные аналоги. Платформа демонстрировалась на Международном форуме «Армия-2020» в составе экспозиции Минобрнауки РФ. Совместно с НПО «Андроидная техника» разработан уникальный робо-тотех-</p>

Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>нический комплекс, включающий колесный (гусеничный) наземный робот «Маркер» и интегрированную с ним привязную беспилотную платформу «Альбатрос».</p> <p>ИПУ</p>
<p>32. Интеллектуальные системы управления; управление знаниями и системами междисциплинарной природы, человек в контуре управления</p>	<p>Проведено распознавание функционального состояния животных с помощью технологий искусственного интеллекта. Предложены основные положения технологии идентификации животных по их фотоизображению, а также распознавания функциональных состояний животных по видеоданным высокого разрешения. Получены результаты, свидетельствующие, что глубокая нейросеть способна восстанавливать в своём латентном пространстве правильный временной порядок следования кадров на видео при решении задачи распознавания действий (поведения) подвижных объектов.</p> <p>Разработаны модель гетерохимических взаимодействий между нейронами и ее приложения. Исследована эффективность мультитрансмиттерной сети в задачах обучения с подкреплением. Реализованы механизмы нейромодуляции как инструмента управления нейронными ансамблями. Проведены симуляции ритмических активностей нервной системы различных моллюсков и изменения ритмов за счет эффекта нейромодуляции. Исследована и решена задача о прохождении сигнала через цепь асинхронных пороговых элементов. Результаты могут быть использованы при моделировании биологических нейронных сетей, а также различных процессов распространения активности.</p> <p>ИПУ</p>
<p>33. Управление крупномасштабными и сетевыми производственными, транспортными, логистическими, энергетическими и другими инфраструктурными системами</p>	<p>В процессе проведения исследований по идентификации и управлению плазмой в токаке разработана оригинальная методология проектирования иерархических каскадных систем управления нестационарными динамическими объектами с неконтролируемыми возмущениями с применением к управлению плазмой в D-образных токаках. Предложены математические методы, устанавливающие общие закономерности взаимодействия уровней иерархии в иерархических каскадных системах управления. Разработаны структура и идеология имитационной платформы реального вре-</p>

	<p>мени применительно к решению задачи цифрового управления положением, током и формой плазмы в действующем сферическом токамаке Глобус-М2. ФТИ им. А.Ф. Иоффе, г. С-Петербург</p> <p>Проведен сравнительный анализ полоидальных систем в ряде D-образных токамаков и сформулированы рекомендации по выбору типа токамака для сооружения в АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» (г. Троицк). Предложенные подходы и методы позволяют разработать линейные модели плазмы, модернизировать полоидальную систему токамака Игнитор, синтезировать и моделировать системы управления вертикальным и горизонтальным положением плазмы и практически могут быть применены для любого D-образного токамака.</p> <p>Разработаны теоретические основы проектирования, архитектура и аппаратно-программные средства мобильной привязной высотной беспилотной платформы нового поколения, имеющей обширное применение как в гражданских, так и оборонных отраслях. Разработанная платформа «Альбатрос» не имеет отечественных аналогов и превосходит по основным техническим характеристикам существующие зарубежные аналоги. Платформа демонстрировалась на Международном форуме «Армия-2020» в составе экспозиции Минобрнауки РФ. Совместно с НПО «Андроидная техника» разработан уникальный робототехнический комплекс, включающий колесный (гусеничный) наземный робот «Маркер» и интегрированную с ним привязную беспилотную платформу «Альбатрос».</p>
<p>34. Теория информации, научные основы информационно-вычислительных систем и сетей, информатизации общества, квантовые методы обработки информации</p>	<p>IV. Информатика и информационные технологии</p> <p>В 2020 году разработаны:</p> <ul style="list-style-type: none"> – аналитические модели и алгоритмы моделирования ключевых параметров неоднородно легированного КНИ КМОП нанотранзистора с полностью охватывающим затвором с произвольной конфигурацией рабочей области. – методика оценки влияния эффекта самонагрева на ВАХ субмикронных КНИ МОП транзисторов А-типа в области высоких температур и высоких управляющих напряжений. – алгоритмы многомодульного вычислительного ядра МФПК ТП-ЭС, предназначенного для проведения многовариантных расчетов тепловых процессов в ЭС в условиях максимально приближенных к реальным.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<ul style="list-style-type: none"> – концепция построения передающего тракта многолучевой активной фазированной антенной решетки (АФАР) X-диапазона предложена структурная схема, в которой формирование сигналов передающего тракта, в отличие от традиционных схем с использованием фазовращателей и аттенуаторов, реализовано путем сложения двух квадратурных сигналов с соответствующими амплитудами на основе IQ модуляторов. – новые методы оценки производительности реализации X Window System в части 2D графических операций. Полученные результаты позволили выявить ограничения методов обработки 2D графики в системе. Созданы алгоритмы портирования сервера X Window System, учитывающие требования протокола X11R7.7, для POSIX-совместимых операционных систем реального времени. – дополнительные модули в систему Пиктомир, основанные на современных достижениях в области искусственного интеллекта, и методика использования этих модулей в курсе «Алгоритмика для дошколят» при изучении системы научных понятий программирования в изложении для дошкольников, разработанных в рамках данной темы в 2019–2020 гг. – принципы интеграции графических исполнителей в семейство интегрированных многоязыковых сред программирования с автоматизированной проверкой заданий. <p>Обоснована необходимость включения исполнителей со сложным поведением в курс бестекстового программирования для дошкольников и первоклассников, в системах ПиктоМир и Пиктомир-К реализован виртуальный робот со сложным поведением и разработано более сотен заданий для подобных исполнителей с автоматической проверкой правильности решения.</p> <p>Окончательно решена проблема классификации многочленов f четвертой степени над полем рациональных чисел Q, а также для кубических многочленов f над полями алгебраических чисел степени до 3 над Q, обладающих периодическим разложением \sqrt{f} в непрерывную дробь. Доказана теорема, описывающая все эллиптические поля $L = Q(x)(\sqrt{f})$, $\deg f = 4$, для которых элемент \sqrt{f} имеет периодическое разложение в непрерывную дробь в поле $Q((x))$. Получено полное описание пар, состоящих из квадратичного или кубического числового поля констант и многочлена f степени 3, с периодическим разложением эле-</p>

мента \sqrt{f} в непрерывную дробь. Доказана теорема конечности для кубических многочленов f , определенных над алгебраическими расширениями Q степени не превосходящей 6 и обладающих периодическим разложением \sqrt{f} в непрерывную дробь. Дано полное описание таких многочленов f над произвольным полем, соответствующих эллиптическим полям с точкой кручения порядка $N \leq 30$.

Предложен универсальный подход к полному алгоритмическому решению проблемы кручения в якобиевых многообразиях гиперэллиптических кривых рода 2 с помощью новой теории непрерывных h -дробей для нормирований первой и второй степени.

Получены новые результаты, касающиеся гипотезы П. Эрмита-Э. Семереди «о суммах и произведении», а именно были улучшены нижние оценки размера произведения конечных множеств рациональных чисел ограниченной высоты.

Разработана имитационно-тренажерная модель системы виртуального окружения с трехмерной моделью космического модуля «Пирс» (входящего в состав МКС), виртуальным пультом управления, системой трекинга оператора и стереовизуализацией с использованием VR-гарнитур.

Разработаны методы управления моделью квадрокоптера для реализации различных режимов и сложных траекторий его полета.

Разработаны методы создания и воспроизведения в масштабе реального времени панорамных видео 360 градусов в системах виртуального окружения.

ФНЦ НИИСИ РАН

Созданы алгоритмы и методы вычисления, на основе которых работают программы, позволяющие наиболее точно определять период полужизни научных журналов и их совокупностей, объединенных тематическими категориями JCR. Это дает возможность сравнивать динамику развития областей науки, отраслей знания и отдельных научных дисциплин. Поскольку среди методов планирования и прогнозирования самым традиционным и проверенным является экстраполяция тенденций развития, период полужизни научной литературы будет служить важным подспорьем этих процессов. Созданные алгоритмы могут применяться и при отслеживании долговечности идей и концепций. Особенно важно, что предложенные методы впервые дают возможность проследить эти тенденции не только по периоду полужизни цитируемых статей, но также и цитирующим. Между этими показателями существует определенная, но пока еще не вполне ясная корреляция, которая заслуживает отдельного анализа. Предложенная методика готова к

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>применению в информационных и аналитических центрах при прогнозировании научных достижений и управлении публикационной активностью научных коллективов и учреждений. Она основана на использовании аналитического инструмента, содержащего наиболее элитные мировые научные журналы.</p> <p>Определен типовой состав показателей, которые могут участвовать в формировании прогноза научной деятельности, включающий комбинированные и гибридные технологии, а также расширенное применение экспертных методов. Сформулирована значимость качества наукометрических данных для получения прогнозов развития науки.</p> <p>Предложена модель классификации знаний на основании грубых множеств. Выяснена связь между критериями демаркации и классификацией знаний и сформулировано пороговое правило принятия решений о демаркации разделов знаний. Это позволило обосновать использование экспертных данных и наукометрических платформ в качестве базовых источников для принятия демаркационных решений. Показано, что в основе прогнозирования развития науки находится информационная модель научной деятельности. Выявлена специфика задач среднесрочного прогнозирования результатов фундаментальных исследований и возникновения новых направлений развития фундаментальной науки.</p> <p>Обоснована актуальность оценки труда ученых по международным индексам научного цитирования для российского научного сообщества и государственных органов управления наукой. Сформулирован ряд предложений по совершенствованию системы оценки результатов научной деятельности.</p> <p>Осуществлена оценка по основным качественным показателям аналитических документально-реферативных ресурсов – политематической БД ВИНИТИ и 26 тематических фрагментов БД ВИНИТИ (по видам первоисточников, языку первоисточников, странам издания первоисточников, распределению патентных документов по странам, видам и годам издания первоисточников, наполнению верхних уровней Рубрикатора ВИНИТИ). В программном обеспечении ЕТБД актуализированы программы приема метаданных в электронной форме из издательства Шпрингер, НЭБ, ФИПС, с интернет-сайтов – в соответствии с произошедшими изменениями форматов представления данных из этих</p>

источников; проведены работы по модернизации автоматизированных рабочих мест для обеспечения функционирования под управлением операционных систем версий выше Windows-XP (Vista, Windows-7...10).

На основе тематической актуализации и лексикографического развития иерархических ветвей рубрикаций научных направлений сформирована эталонная версия Рубрикатора ВИНТИ на 2021 год. Система автоматической тематической классификации текстов получила развитие по направлениям расширения языкового охвата (обработка англоязычных) и реализации автоклассификации на более глубоких тематических уровнях (3-й уровень ГРНТИ); усовершенствованы процедуры машинного обучения автоклассификатора; в опытно-промышленную эксплуатацию запущено приложение «Электронный эксперт» для автоматической классификации документов электронного входного потока.

На основе анализа опыта российских пользователей УДК (forum idcs.ru) и анализа текущих версий «Изменений и дополнений» Международного Консорциума УДК уточнены и обновлены состав и структура рабочих таблиц и таблиц определителей УДК на русском языке.

Подготовлен к изданию оригинал-макет «УДК: Изменения и дополнения. Выпуск 8» (формат А4, 73 стр., общим объемом 4,56 уч.изд.л.).

Актуализирована и сформирована эталонная версия таблиц УДК на русском языке. Методом интеллектуального анализа установлены и актуализированы семантические парные связи классификаций НТИ: ГРНТИ – УДК, Рубрикатор ВИНТИ – УДК, ГР-НТИ – классификация Wef of Science, ГРНТИ – классификация Scopus, ГРНТИ – Международный классификатор Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Проведена оптимизация системы взаимных отображений классификаторов.

Осуществлены актуализация и развитие понятийно-терминологического аппарата Системы взаимосвязанных классификаций НТИ (СВК НТИ) по предметным профилям классификационных категорий (массив предметных описаний 2 597 781 отношений «термин – рубрика»).

Осуществлено развитие лексикографических связей СВК НТИ, как функциональной компоненты технологии создания единой информационной среды, в структуре БД взаимосвязанных классификаций НТИ. БД взаимосвязанных классификаций НТИ пополнена 208 комбинированными индексами УДК, 5 436 терминами, 13 396 рубрикационными кодами.

Подготовлены к регистрации и утверждению 2 национальных стандарта СИБД: ГОСТ Р 7.0.105–2020 (ИСО 8601:2004) «СИБД. Номер государственной регистрации

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>обязательного экземпляра печатного издания. Структура, оформление, использование» и ГОСТ Р 7.0.60–2020 «СИБИД. Издания. Основные виды. Термины и определения», разработаны и прошли публичное обсуждение 2 проекта национальных стандартов СИБИД: ГОСТ Р 7.0.106–2020 (ИСО 25964–2:2013) «СИБИД. Взаимодействие тезаурусов и других словарей» и ГОСТ Р ИСО 27730 (идентичный).</p> <p>Разработана методика выявления новых сериальных изданий (СИ) с использованием международного библиографического справочника СИ – Ulrichs’ International Periodicals Directory (UIPD).</p> <p>Выделены информационные массивы СИ по естественным, точным и техническим наукам, включенным в UIPD в период 2010–2019 гг.</p> <p>Представлен анализ массивов СИ в период 2010–2019 гг по медицине, технологиям и техническим наукам, биологии и химии по годам, предметным рубрикам UIPD и БД Scopus, издателям, странам.</p> <p>Проведена систематизация и классификация потока научно-технической литературы по проблематике COVID-19, разработан рубрикатор по медико-биологическим аспектам проблематики COVID-19;</p> <p>Проведен анализ массива публикаций по проблематике COVID-19 по концептам БД Chemical Abstracts Service (CAPus) (ВИНИТИ РАН)</p> <p>На основе результатов аналитико-синтетической обработки разнородных информационных ресурсов и разных видов документов сформирован новый структурированный массив, тематически систематизированный и подоценочно индексированный рубрикации кодами предметных профилей, объемом около 300 тыс. полных аналитических записей.</p> <p>Созданы обновления политематической документально-реферативной БД ВИНИТИ по 16 отраслевым тематическим профилям по точным и техническим наукам. На основе политематической БД сгенерированы оригинал-макеты РЖ: 18 сводных томов и 31 отдельный выпуск.</p> <p>Подготовленные научно-аналитические материалы отражались в научных, научно-технических изданиях, информационных сборниках и бюллетенях, общий объем ко-</p>

торых составил 950,97 уч.-изд. л. За 2020 год подготовлено и опубликовано на Общероссийском математическом портале MATHNET.RU 13 выпусков серии «Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры» общим объемом 139,1 уч.-изд. л.

Аналитико-синтетическая обработка мирового потока документов с использованием методов интеллектуального и сопоставительного анализа позволили выделить перспективные направления инновационного развития фундаментальных и прикладных исследований в различных областях знаний в области точных и технических наук; сформировать на основе входного потока ВИНТИ структурно (поэлементное описание документов) и тематически систематизированный, индексированный и идентифицированный массив первоисточников (монографии, периодические и сериальные издания, журнальные статьи, стандарты и нормативы, справочники, терминологические словари, диссертации, труды конференций, депонированные работы и др.).

Продолжена научно-информационная работа по подготовке аналитических материалов, справок, заключений по актуальным направлениям развития фундаментальной и прикладной науки.

Организован мониторинг и систематизация научной информации по направлению экономика пандемии COVID-19 и глобальные эпидемиологические угрозы. Выделены уязвимые отрасли промышленности и рассмотрены стратегии выхода из постпандемического кризиса.

С целью создания системы информационного обеспечения и поддержки фундаментальных исследований и практических разработок по приоритетным направлениям развития естественных наук проведены исследования по анализу и отбору информационных ресурсов. В результате научной систематизации, классификации, прогнозно-аналитической оценке мирового потока научно-технической информации в области естественных наук сформирован политематический массив публикаций объемом около 400 тыс. документов. В результате аналитико-синтетической обработки сформированного массива осуществлена генерация 10 тематических фрагментов по естественным наукам политематической базы данных (БД) с загрузкой около 300 тыс. документов, включающих 87 проблемно-ориентированных разделов, а также 7 фрагментов по междисциплинарным направлениям исследований объемом около 40 тыс документов. Продолжались работы по пополнению и развитию специализированной базы структурных данных по химии, объем обработанной за отчетный период информации составил: 139 910 химических

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>соединений и 74 849 химических реакций. На основе политематической Базы данных ВИНИТИ РАН формировался реферативный журнал (РЖ): 6 сводных томов по естественным наукам и 7 отдельных выпусков, посвященных комплексным межотраслевым проблемам естественных наук.</p> <p>С помощью сопоставительного анализа, статистических и аналитических исследований мирового потока научно-технической литературы определены отдельные тенденции развития перспективных научных направлений исследований в области естественных наук, относящихся к приоритетным или критическим технологиям, таким как генетические технологии, биотехнологии, катализ, информационные технологии.</p> <p>Организован мониторинг и систематизация научной информации по проблемам, включающим биологические, медицинские и химические аспекты исследований как нового, не встречавшегося ранее у человека, коронавируса SARS-CoV-2, так и пандемии COVID-19. Разработана система информационного обеспечения «Пандемия COVID-19», включающая следующую информацию:</p> <ul style="list-style-type: none"> – эволюция, филогения, геном вируса SARS-CoV-2, белки, антигенная специфичность вируса SARS-CoV-2, взаимодействие вирус-клетка; – диагностика COVID-19, клиническое течение, терапия COVID-19, включая иммунотерапию; – разработка лекарственных средств для борьбы с новым коронавирусом заболеванием COVID-19, включая компьютерное моделирование и использование вычислительной химии при изучении взаимодействия молекул с мишенями разного типа, поиске ингибиторов проникновения вируса в клетку, ингибиторов вирусной репликации; – скрининг и перепрофилирование существующих препаратов для лечения COVID-19; – синтез специфических препаратов; – поиск лекарственных средств из природного сырья; – разработка средств доставки лекарственных веществ; – разработка вакцин против SARS-CoV-2; – профилактика COVID-19, разработка индивидуальных средств защиты и дезинфицирующих препаратов;

– эпидемиология коронавирусной инфекции;

– психологическая помощь инфицированным и лицам на карантине и др.

В связи с необходимостью создания национальной технологической платформы для цифровой трансформации, которая удовлетворяет разработанным требованиям выполнены исследования, в целом на современном этапе по-прежнему не имеющие мировых аналогов. Важнейшее отличие разрабатываемой технологии заключается в том, что она опирается на отечественные, принципиально более надежные и достоверные криптографические механизмы (формирование имитовыводок под блоками данных, которые обеспечивают одновременно авторизацию и контроль целостности), а также на новые архитектурные подходы, связанные с возможностью выборочного шифрования звеньев блокчейна для достижения конфиденциальности хранимых в нем данных, возможности раскрытия информации в заданное время. Разработанная технология позволяет защитить широко используемые системы управления базами данных и технологическими процессами зарубежного производства от внешнего влияния и управления, а также обеспечить конфиденциальное хранение информации в них при помощи дублирующего блокчейна.

Создаваемый прототип цифровых активов и распределенных реестров содержит универсальные интерфейсы, основанные на передаче файлов и команд в виде отдельных файлов условленного формата (например, load номер записи), которые могут быть встроены в любое приложение и способны обеспечить совместную работу уже созданных IT-систем, минимизировав затраты на этапе их разработки и внедрения. Прототип не требует дополнительных инвестиций в аппаратные платформы и их сопровождение, а также снижает требования к объемам хранения и трафику. Вкратце минимизация затрат и инвестиций состоит в следующем: по стоимости хранения информации, которая в ценах обработки данных общего назначения в России составляет около 30–40 рублей за гигабайт в месяц. В корпоративных центрах обработки данных эта сумма увеличивается в 3–5 раз. На данный момент по оценкам зарубежных экспертов цена хранения 1 GB данных при пропускной способности в 30 GB в месяц обходится в \$1,51. С учетом более компактного хранения информации в цепи блокчейн, объем хранения может быть уменьшен в 2–2,5 раза, и соответственно, это приведет к снижению стоимости хранения информации. За счет оптимизированной структуры данных и использования предельных оптимизаций криптографических алгоритмов может быть приближенно в 1,7 раза уменьшен объем служебного трафика. Кроме того, междоумовственное использование технологии блокчейн позволит избежать дублирования трафика для почтовых рассылок и доступа

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>к базе данных. Экспертная оценка дает значение уменьшения в среднем в 4,8 раза. На сегодняшний день состояние блокчейна является базой данных «ключ-значение». Поиск в такой базе данных возможен только по первичному ключу, объем хранимых данных очень ограничен. Таким образом, при разработке приложений на блокчейне, например, для Ethereum и Masterchain, проблема хранения и обработки данных стоит очень остро.</p> <p>Предлагаемая технология содержит универсальные интерфейсы формирования данных и доступа к ним, которые могут быть встроены в любое приложение и обеспечить работу аналитических систем и систем научно-информационной деятельности, минимизировав соответствующие издержки на этапе разработки и внедрения. По оценкам экспертов, применение стандартизованных интерфейсов снижает стоимость разработки, владения, сопровождения и обучения примерно на 25–30%. Как было указано выше, технология блокчейн содержит универсальные интерфейсы, которые могут быть встроены в любое приложение и обеспечить совместную работу уже созданных ИТ-систем, минимизировав затраты уже на этапе разработки и внедрения.</p> <p>Весьма важным является использование квантовых технологий для построения безопасных компьютерных систем, связанных, прежде всего с квантовым распределением ключей и симметричным шифрованием. В подобных системах безопасность обеспечена «криптофизическими» принципами, что позволяет упростить администрирование и, в ряде случаев, отказаться от слабого звена – удостоверяющих центров.</p> <p style="text-align: right;">ВИНИТИ РАН</p> <p>Разработаны новые методы извлечения числовой информации на основе анализа аккаунтов сотрудников компаний в социальных сетях, объединения вероятностных оценок отношений между пользователями, которые представляют собой лингвистические значения лингвистической переменной «тип отношения», и адаптированного выбора цветов для выявления численных характеристик внутреннего эмоционального состояния пользователя из опубликованных им в социальных медиа изображений, обеспечивающие повышение уровня защищенности информационных систем от атак, направленных на нарушение политик безопасности.</p> <p style="text-align: right;">СПИИРАН</p>

Разработан экспериментальный образец программно-аппаратного комплекса для формирования динамически обновляемого радиолокационного покрытия и оперативного мониторинга гидрометеорологической, снеговой, ледовой и навигационной обстановки транспортных маршрутов Крайнего Севера и Арктической зоны в составе: модель орбитальных группировок спутников ДЗЗ для планирования получения данных с космических аппаратов с целью обеспечения требуемой оперативности по районам съемки, включающая в себя модуль сбора орбитальных параметров КА радиолокационного ДЗЗ и модуль расчета траекторий КА радиолокационного ДЗЗ; компонент для создания динамически обновляемого сплошного радиолокационного покрытия на территориях прохождения транспортных путей для северных районов РФ, включающий модуль первичной обработки данных радиолокационного ДЗЗ, полученных от радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА), модуль построения выборки радиолокационных изображений, включаемых в состав покрытия на выбранный район, ПО взаимной привязки данных, полученных с БПЛА, и данных спутниковой радиолокационной съемки. Уникальность полученного функционала состоит в том, что можно использовать не только имеющиеся материалы радиолокационной съемки, но и формировать задание на получение новых данных оперативной радиолокационной съемки.

Разработан метод автоматического распознавания в тексте существительных, выступающих в роли имен ситуаций. Метод использует классификатор на основе нейронной сети. Как известно, главным препятствием для применения методов машинного обучения в задачах обработки естественного языка остается потребность в больших объемах качественно размеченных текстовых данных, создание которых, как правило, требует значительных усилий. Предлагаемый метод позволяет обойтись без серьезных трудозатрат на построение обучающего множества. Участие экспертов сводится к отбору списков слов, являющихся в языке однозначно событийными (имена ситуаций) и однозначно несобытийными (предметные имена). Примеры их употребления затем автоматически извлекаются из большого корпуса текстов и используются для обучения классификатора. Метод был протестирован на задаче различения событийного и несобытийного употребления неоднозначных в этом смысле существительных (организация, управление, публикация и т.п.) и продемонстрировал высокую точность (порядка 0,85 на тестовом наборе).

Построена дистрибутивная семантическая модель с выделенным измерением, предназначенным для дифференциации событийных и предметных значений. Координаты лексических единиц модели в этом измерении распределены так, что «событийные» сло-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ва тяготеют к попаданию в положительную полуось, а «предметные» – в отрицательную. Управляемая специализация отдельных измерений в рамках дистрибутивной модели является новым подходом. Наличие «событийно-предметного» измерения позволяет автоматизировать процесс построения обучающих и тестовых данных для алгоритмов обнаружения событий в тексте. Также полученная дистрибутивная модель может повысить точность подобных алгоритмов, т.к. упомянутое измерение может служить одним из признаков, на которые опираются алгоритмы.</p> <p style="text-align: center;">ИПС РАН</p> <p>Разработаны теоретико-прикладные модели оценки общественной эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов, реализующие принцип системности и обеспечивающие учет упущенной выгоды, а также влияние фактора времени с включением сценариев эффективного использования средств, формируемых за счет получаемой из проекта прибыли за весь жизненный цикл проекта; Развиты методология системной идентификации естественных монополий с учетом поведения участников и условий развития специальной конкурентной среды; Получена оценка влияния интеллектуальных технологий на образовательный процесс и возможных последствий их применения в контексте подготовки кадров (человеческого капитала) для современной экономики, в том числе в региональном разрезе.</p> <p>Предложены блокчейн-технологии нормализованного бюджетного обеспечения, которые в состоянии обеспечить децентрализацию, прозрачность и безопасность процессов планирования и исполнения бюджетного обеспечения напроеков. Технология ситуационного планирования расходов позволяет на всех этапах жизненного цикла напроекта получать решения, эффективность которых обеспечена соответствием обязательным и ориентирующим требованиям.</p> <p>Исследована модель классификации данных на основе зависимости средней взаимной информации между множеством классифицируемых объектов и множеством возможных решений по этим объектам от вероятности ошибки принимаемых решений. Построена нижняя граница вероятности ошибки на заданном множестве объектов при любом фикс-</p>

сированном значении средней взаимной информации. Найденная граница полезна для сравнения эффективности решающих алгоритмов с различными разделяющими функциями в терминах избыточности вероятности ошибки относительно нижней границы.

ФИЦ ИУ РАН

С использованием расчетов из первых принципов исследовано поведение квантового кубита на основе легированного атома фосфора в решетке кремния. Проведены тесты по использованию программного пакета Quantum espresso для моделирования локального магнитного поля, локальной намагниченности и плотности спинового тока. Показано, что метод некоррелированной намагниченности хорошо описывает поведение полного спина атома фосфора в решетке кремния.

ХФИЦ – ВЦ ДВО РАН совместно с Тихоокеанским государственным университетом (Хабаровск)

Проведен анализ кристаллической структуры сплава Ti_2NiCu и его термо-механических свойств посредством первопринципного моделирования и исследования феноменологической модели дислокаций. Соединения на основе нитинола и подобные классы материалов, обладающих эффектом памяти формы, являются перспективным направлением для широкого спектра фундаментальных и технологических применений. К примеру, большое количество медицинских имплантатов создано на основе сплавов титана, обладающих памятью формы, включая сосудистые микрокостенты и микророботы для манипулирования отдельными клетками. Ti_2NiCu является одним из основных кандидатов для материалов наноимплантов с широкими возможностями манипулирования нанообъектами в различных биологических средах и условиях.

ХФИЦ – ВЦ ДВО РАН совместно с Институтом радиотехники и электроники им. А.В. Котельникова РАН, Школой материаловедения и инженерии (Чанчуньский университет науки и технологий, Китай), Институтом технологии микроэлектроники и высокочистых материалов РАН, Институтом нанотехнологий микроэлектроники РАН

Разработан алгоритм на основе сверточных нейронных сетей для детектирования облачных образований и снежного покрова на спутниковых изображениях. В качестве входных данных используются многоспектральные спутниковые изображения, получаемые с многозонального сканирующего устройства гидрометеорологического обеспечения, установленного на российском космическом аппарате «Электро-Л» № 2. Алгоритм

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>может формировать маски облачности и снежного покрова для области, ограниченной значениями солнечного зенитного угла в пределах от 0° до 80°, для дневного времени суток. Оценка точности работы алгоритма осуществлена с помощью метрик машинного обучения и сравнением полученных результатов с эталонными масками, составленными путем визуального дешифрирования спутникового изображения опытным специалистом-дешифровщиком. Разработанные решения позволяют выполнять тематическую обработку спутниковых изображений в автоматическом режиме.</p> <p>ХФИЦ – ВЦ ДВО РАН совместно с Научно-исследовательским центром космической гидрометеорологии «Планета» (Хабаровск)</p> <p>Рассмотрены круглый и эллиптический (в месте соединения) в поперечном сечении два фрагмента волоконно-оптической линии передачи информации. Для одномодового режима работы получены аналитические выражения для потерь энергии при соединении двух таких фрагментов. Показано, что потери энергии возрастают при увеличении эксцентриситета и одновременно уменьшаются при увеличении волнового числа. При большой деформации полные потери увеличиваются с уменьшением волнового числа. Полученные данные позволяют выбрать подходящий одномодовый режим для практических применений.</p> <p>Решены задачи обнаружения и конфигурирования комплексов высокоуровневых отношений баз данных (отношений с арностью 3 и выше) и представления части последних посредством R-типов. R-тип – одна из категорий синтетических объектов типов, экземпляры которых ассоциируются с отношениями, возникающими между объектами. Такие объекты-отношения обладают собственными свойствами и в состоянии вступать во взаимодействие с другими объектами. Показано, что многозначные функциональные зависимости, которые могут присутствовать среди атрибутов внешних ключей заголовочных документальных типов, однозначно идентифицируют и сами p-арные отношения, и соответствующие им R-типы. Введено понятие комплекса бинарных p-арных отношений-типов, которые объединяет наличие общих исходных взаимодействующих типов. На основе предлагаемой p/a-характеристики бинарных отношений разработан ме-</p>

тод установления первичных (подлежащих хранению) и производных (выводимых) их первичных отношений, образующих комплекс.

ХФИЦ – ВЦ ДВО РАН

Разработана модель и проведена апробация основных модулей библиотечной сетевой интерактивной системы информационного обеспечения ученых на примере сетевого взаимодействия Центральной библиотеки в Пушкинском научном центре РАН (ЦП) – отдел БЕН. Осуществлено предоставление сервисов для информационной поддержки научной среды, включая формирование патентного ландшафта, которые соответствуют вызовам цифровых трансформаций.

Разработаны и проверены методические подходы к оценке позиционирования российской науки в мировом информационном пространстве по тематическим направлениям: Физика, Почвоведение, Физико-химическая биология, Иммунология и Микробиология. Новым направлением стало исследование возможности использования лингвистического подхода для оценки развития научных направлений. Гипотеза этого направления исследования основана на предположении, что развитие научных направлений отражается в динамике ключевых терминов (КТ), используемых при описании тематического направления, то есть частота встречаемости КТ может являться индикатором интенсивности развития научного направления.

Предложена методика проведения данного исследования, включающая этапы от выбора источника информации до оценки динамики изменения репертуара терминов во времени. Проверка проводится по направлению «Иммунология и Микробиология».

На примере Почвоведения отметим, что, начиная с 2005 г., уровень цитируемости начал расти: в WoS CC составил 76% среднемировых значений, в Scopus, начиная с 2014 г. уровень цитируемости российских публикаций приблизился вплотную, а в некоторые годы (2015 г., 2017–2018 гг.) превысил среднемировые показатели. По Физико-химической биологии в 2019 г. доля российских публикаций достигла 2,22 %, что соответствовало 15-ой позиции в общемировом рейтинге стран.

Изучено пристатейное цитирование в области химии в целях выявления круга наиболее информативных изданий публикаций ученых. Проведен анализ пристатейной библиографии в журнальных публикациях и диссертациях по химии. Установлено, что традиции цитирования в области химии претерпевают изменения. Отмечено увеличение количества цитат в пристатейной библиографии на одну публикацию на 24%. Ученые ци-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>тируют преимущественно зарубежные периодические издания (90 % ссылок). Составлен список наиболее цитируемых журналов, все они доступны по централизованной подписке. Наблюдается падение количества цитирований отечественной литературы: в 2 раза на книги (с 21,9% до 10,95) и в 1,5 раза на журналы (с 13,8 до 8,8%).</p> <p>Тенденция с уменьшением цитирования книг явно выражена, количество ссылок на них уменьшилось в 1,5 раза. Одна из причин – стимулирование российских исследователей к публикациям в зарубежных изданиях. Количество научных монографий на русском языке резко сократилось.</p> <p>Это влияет не только на информационное обеспечение науки, но и на обучение магистров и аспирантов, понижая уровень системного фундаментального образования.</p> <p style="text-align: center;">БЕН РАН</p> <p>«Разработка методов и метематических моделей в теории информации и управления, получение количественных оценок их эффективности.» (№ 0061-2019-0005)</p> <p>Впервые строго обосновано эргодическое уравнение Беллмана для эргодической управляемой одномерной диффузии с управлением во всех коэффициентах уравнения, включая коэффициент диффузии. До сих пор все результаты в этой области касались постановки, где управление может входить лишь в коэффициент сноса.</p> <p>Обоснован новый метод получения улучшенных по сравнению с классическими оценок скорости сходимости к стационарному режиму однородных цепей Маркова; поставлен ряд примеров, в том числе, для матриц большой размерности с использованием суперкомпьютера НИУ ВШЭ. Метод допускает применение к оценке скорости сближения и для определенных классов неоднородных цепей, где говорить о стационарном режиме не приходится, а также в принципе сохраняет работоспособность в общих фазовых пространствах.</p> <p style="text-align: center;">Вырожденные стохастические дифференциальные уравнения Автор: Веретенников А.Ю.</p> <p>Ввиду активного использования в литературе вырожденных и сильно вырожденных стохастических дифференциальных уравнений в последние две декады возникла потреб-</p>

ность ревидии известных результатов, касающихся существования и единственности их решений. В работе произведен анализ нескольких методов доказательств и возможности их совместного применения и обобщения. В частности, показана эффективность подхода, основанного на преобразовании меры Гирсанова, и возможности его дальнейшего развития.

Более чем 50-страничная статья содержит новые результаты о существовании решения стохастического дифференциального уравнения Маккина – Власова, о его слабой и сильной единственности. Уравнения Маккина – Власова являются интенсивно развивающейся областью: они являются естественным пределом для многочастичных систем стохастических дифференциальных уравнений со взаимодействием при неограниченном росте числа частиц. Статья писалась более 10 лет, а ссылки в литературе на препринт 2016г. (последняя 12я версия от лета 2020) начали появляться еще до опубликования самого препринта, и к настоящему моменту их число насчитывает 68.

Найден новый класс стохастических уравнений Маккина – Власова типа среднего поля с зависимостью обеих коэффициентов от распределения процесса, имеющих сильные решения при лучших – более слабых – предположениях по сравнению с известными результатами. Эта область исключительно интенсивно развивается в настоящий момент; поэтому то, что удалось простыми методами добиться лучших результатов по сравнению с полученными зарубежными исследователями, можно считать удачей.

Рассмотрены ряд как популярных, так и малоизвестных способов проверки локального перемешивания для решений стохастических дифференциальных уравнений. Все они разработаны, в основном, автором, и большинство из них уже применялось, но вместе они собраны впервые. Статью можно считать кратким обзором, дополненным рядом доказательств и обобщений. Работа будет полезна для оценки скорости сходимости к стационарному режиму в стохастических уравнениях; предположительно, результаты могут принести пользу также при исследовании уравнения Пуассона во всем пространстве для «эргодических» генераторов, активно исследуемого в литературе последние две-три декады.

Разработаны и реализованы быстрые алгоритмы решения нелинейного уравнения Шредингера методом обратной задачи рассеяния. Работа выполнена в рамках совместного проекта ИППИ РАН и компании Huawei по цифровой компенсации нелинейных искажений в волоконно-оптических линиях связи. При применении метода обратной задачи рассеяния применяются прямой и обратный Layer Peeling методы вместе с преоб-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>разованием Дарбу для учета солитонной части сигнала. В случае сигнала с относительно малой амплитудой учет солитонов оказывается необходимым, что позволяет получить высокую точность работы алгоритма при малых временных затратах. Асимптотическая сложность алгоритма $O(N \ln^2 N)$ операций. Учет солитонов требует нахождения несомноженной спектральной задачи для системы уравнений Захарова-Шабата. Постановленной задачи разработаны быстрые алгоритмы. Результаты работы изложены в отчетах компании Huawei.</p> <p>Созданные ранее методы, использовавшиеся в теории колебаний были развиты для исследования некоторых других краевых задач. В частности, для классической двухточечной задачи с периодической по фазовой переменной нелинейностью получены различные утверждения о решениях больших амплитуд. Для вырожденных в линейном приближении задач получены результаты о существовании счетных множеств решений сколь угодно больших амплитуд, для задач с параметром – результаты об асимптотических точках бифуркации.</p> <p>Изучено движение броуновской частицы на плоскости вокруг диска радиуса R. Типичное поведение такой частицы при заданной скорости вращения вокруг диска подчиняется марковскому закону с радиальной симметрией. Получены уравнения для определения параметров этого марковского процесса в зависимости от радиуса диска и угловой скорости вращения частицы.</p> <p>Доказано, что асимптотически при стремлении радиуса диска к бесконечности стационарное распределение высоты частицы над диском, деленной на кубический корень из R, стремится к функции Эйри. Этот результат усиливает и обобщает известные результаты Феррари и Шпона, Меерсона и других исследователей, изучавших подобные процессы в режиме больших уклонений.</p> <p>Эта задача впервые сформулирована в статье Buttazzo и Kawohl (1993) и до сих пор остается нерешенной, несмотря на серьезный интерес и довольно большое количество публикаций по теме. В 2020 г. А.Ю. Плаховым доказано, что график оптимальной функции содержится в выпуклой оболочке замыкания множества его особых точек. Кроме того, опубликовано доказательство того, что оптимальная функция достигает свое наи-</p>

меньшее значение на границе своей области определения. Это первые существенные математические результаты в данной задаче после почти 20-летнего перерыва.

Исследованы аттракторы уравнения реакции-диффузии в перфорированной области с быстро осциллирующими коэффициентами в граничных условиях. При этом не предполагается выполнения условия Липшица для нелинейной функции, входящей в уравнение, поэтому теореме единственности для решения соответствующей начальной задачи может не иметь места для рассматриваемого уравнения реакции-диффузии. В работе доказано, что траекторные аттракторы таких уравнений сходятся в слабом смысле к траекторному аттрактору усредненной системы реакции-диффузии, в которой возникает «странный член» (потенциал).

Исследованы траекторные аттракторы систем реакции-диффузии со случайными членами, которые быстро осциллируют по пространственным переменным. При выполнении условия эргодичности и статистической однородности для случайных членов доказано, что с вероятностью единица случайные аттракторы таких систем сходятся к детерминированному траекторным аттракторам усредненных систем реакции-диффузии, члены которых являются пространственными средними соответствующих исходных систем. Особое внимание уделено тем случаям, когда сходимость траекторных аттракторов имеет место в сильной топологии фазового пространства.

Представление всех постоянных решений уравнений $SU(2)$ -Янга-Миллса с произвольным током в произвольном ев-клидовом пространстве.

Представлены все постоянные решения уравнений Янга-Миллса с $SU(2)$ калибровочной симметрией с произвольным неабелевым током в евклидовом пространстве произвольной конечной размерности. Показано, что число решений в терминах напряженности поля Янга-Миллса зависит от сингулярных чисел матрицы тока. Непостоянные решения могут быть рассмотрены в виде рядов теорий возмущений.

Теорема Паули о связи двух наборов антикоммутирующих величин вещественной или комплексифицированной алгебры Клиффорда обобщена на случай, когда оба набора гладко зависят от точки евклидова пространства. Все случае связи (типа преобразования подобия) двух наборов рассмотрены в случае четной и нечетной размерности пространства. С помощью уравнения для спиновой связности общего вида показано, что задача о локальной выполнимости теоремы Паули эквивалентна проблеме о существовании решения некоторой специальной системы уравнений в частных производных.

Рассматриваются решения типа плоской волны уравнений Янга-Миллса, которые позволяют выписать три системы уравнений, моделирующих систему уравнений Ян-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>га-Миллса. Представлен явный вид всех решений типа плоской волны уравнений Янга-Миллса с $SU(2)$ калибровочной симметрией и нулевым током в (псевдо)евклидовом пространстве произвольной конечной размерности.</p> <p>В рамках теории машинного обучения в режиме онлайн предложено решение задачи вероятностного онлайн прогнозирования временного ряда.</p> <p>Различие между вероятностным прогнозом (функцией распределения) и числовым исходом измеряется с помощью функции потерь (скорингового правила). В практической статистике для оценки расхождения между вероятностными прогнозами и количественными исходами часто используется скоринговое правило непрерывной ранжированной вероятности (CRPS, Continuous Ranked Probability Score).</p> <p>В работе рассматривается случай, когда несколько конкурирующих методов (экспертов) дают свои прогнозы в виде функций распределения. Прогнозы экспертов могут быть снабжены уровнями доверия. Предложен алгоритм онлайн агрегирования решений таких экспертов. Получены оценки ошибки (CRPS) предложенного алгоритма, дисконтированной с учетом уровней доверия, в форме сравнения кумулятивных потерь алгоритма и потерь экспертов. На примере задачи краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии предложена технология построения прогнозирующих экспертов алгоритмов и агрегирования их вероятностных прогнозов. Представлены результаты численных экспериментов на искусственных и реальных данных.</p> <p>При анализе устойчивости/стабилизированности асинхронно взаимодействующих объектов таких, как, например, рои/стаи аппаратов и др. мультиагентные системы, как внешние возмущения, так и управляющие воздействия применяются к объектам мультипликативно. В случае линейных систем это приводит к переходу от классического анализа поведения произведений $A(n)B(n) \dots A(0)B(0)$ с чередующимися матрицами состояний матричных произведений вида $A(n)B(n) \dots A(0)B(0)$ с чередующимися матрицами состояний системы $A(\cdot)$, и матрицами воздействия управляющих контроллеров $B(\cdot)$. Сложность анализа возникающих ситуаций резко возрастает – возникающие проблемы, как правило, становятся алгоритмически неразрешимыми или вычислительно сложными (NP-трудными). Ранее автором исследовался вопрос о том, при каких условиях матричные про-</p>

изведения $A(n)B(n) \dots A(0)B(0)$ можно сделать сходящимися (стабилизируемыми) за счет выбора управляющих матриц $\{B(\cdot)\}$. В настоящем исследовании анализировались (более трудные, как выяснилось) условия, при которых соответствующие матричные произведения можно сделать ограниченными за счет выбора управляющих матриц $\{B(\cdot)\}$. Постановка задачи и полученные результаты новы и не имеют аналогов.

Доказаны существование и единственность формального ряда Поизо, удовлетворяющего неавтономному алгебраическому дифференциальному уравнению первого порядка в окрестности его неособой точки (точки, в которой ни один из коэффициентов уравнения не обращается в нуль), при заданном начальном слагаемом ряда. Установлена сходимость такого ряда Поизо. Исследована связь полученного результата со знаменитой теоремой Пенлеве об отсутствии подвижных неалгебраических особых точек у решений алгебраического дифференциального уравнения первого порядка. (В отличие от решений алгебраического уравнения, решения дифференциального уравнения первого порядка, вообще говоря, могут иметь конечное число фиксированных особых точек неалгебраического характера.)

Получено достаточное условие сходимости формального обобщенного степенного ряда (имеющего, вообще говоря, комплексные показатели степени), удовлетворяющего алгебраическому q -разностному уравнению произвольного порядка. Множество показателей степени такого ряда является аддитивной полугруппой с конечным числом образующих, и случай, когда можно гарантировать сходимость ряда, отвечает определенному расположению этих образующих на комплексной плоскости, при котором не возникает феномена малых знаменателей. (Данный феномен, полностью отсутствующий в исследованном нами ранее аналогичном вопросе в дифференциальном случае, может возникнуть при произвольном расположении образующих в q -разностном случае и является одним из препятствий к сходимости.)

Рассматривается задача проверки гипотез, в которой мы не можем наблюдать часть данных. Наш помощник наблюдает пропущенные данные и может передать нам некоторую ограниченную информацию о них. Какая ограниченная информация позволит нам сделать наилучшие статистические выводы? В частности, какая минимальная информация остаточна для получения тех же результатов, как если бы мы непосредственно наблюдали все данные? Получены оценки для величины этой минимальной информации и некоторые подобные результаты. Никакие нижние оценки для минимальной информации ранее не были известны.

<p>Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Рассматривается передача бесконечной двоичной последовательности по стационарному каналу без памяти. Используется некатастрофический сверточный код и декодер Витерби. Традиционные доказательства «нижней границы объединения» (и других подобных границ) для оценки качества такого кода содержат некоторые математические неточности. В работе устраняются эти неточности для общего стационарного канала без памяти.</p> <p>Рассматривается статистическая задача проверки равномерности распределения случайного вектора в многомерном кубе. В отличие от обычной статистики, основанной на стандартном многомерном эмпирическом процессе, в работе предлагается использовать многомерный эмпирический процесс, взвешенный по координатам пространства. Если стандартный метод, описанный ранее в работе Тюрина, Кривковой и Мартынова, мог быть применимым до размерности 5, то предлагаемый метод не имеет ограничений по размерности пространства. Хотя предельное распределение новой статистики может быть вычислено для каждой размерности точно, но само значение статистики по заданной выборке вычисляется по методу Монте-Карло.</p> <p>ИППИ РАН</p>
<p>35. Когнитивные системы и технологии, нейроинформатика и биоинформатика, системный анализ, искусственный интеллект, системы распознавания образов, принятие решений при многих критериях</p>	<p>Для периодических граничных условий получены строгие аналитические выражения для спектра матрицы связи модели Изинга на гиперкубической решетке любой размерности $d > 0$ при произвольном дальном действии между спинами. Для открытых граничных условий собственные значения многомерной модели аналогично выражаются через характеристики одномерной модели только когда учитывается взаимодействие не более чем с d ближайшими соседями.</p> <p>Для нейросетей ResNet-50 и Xception падение точности (top-1) предложенного алгоритма квантизации весов при выделении 5-bit на хранение веса составило 6–8%, для 6-bit – 1,5-3%, для 7-bit – менее 1,5%. Для сети VGG-16 при 5-bit на вес падение точности держится на уровне около 1,5%, для большего количества бит – менее 1%.</p> <p>Отработана технология напыления активных слоев МПП структур на основе оксидов титана и цинка. Создана и описана модель поведения переменного мемритивного эле-</p>

мента как потенциального элемента «реальной» нейроморфной сети. Предложен метод параметрической компенсации изменений параметров лазерного излучения. Предложена модульная реализация нейроморфной сети.

Разработан новый биологически-правдоподобный метод обучения нейронных сетей на основе принципа Павлова и правила Хэбба. Разработаны проект библиотеки решений искусственного интеллекта для микроэлектроники MistoAI и проект персонального ассистента «Искусственный электроник». Создана концептуальная схема системы сильного искусственного интеллекта.

ФНЦ НИИСИ РАН

Разработаны основные принципы интеллектуального принятия решений на основе самоорганизации нейроподобных элементов, составляющих функциональные узлы управляющей когнитивной архитектуры автономного мобильного робота. Нейроподобие проявляется в использовании принципов нейропластичности головного мозга при формировании в составе когнитивной архитектуры динамических функциональных систем (по Анохину), обеспечивающих автономное принятие решений и управление в задачах ориентации и навигации, распознавания, управления движением робота. Научная новизна состоит в использовании рациональных программных агентов для моделирования нейроподобных элементов и организации их мультиагентного взаимодействия в процессе ситуативно детерминированного обучения нейрокогнитивной архитектуры на основе формирования аксондрональных связей в составе управляющих функциональных систем. Значимость результата определяется возможностями создания обобщенных методов и алгоритмов обучения интеллектуальных систем принятия решений и управления автономных роботов различных классов, действующих в условиях реальной среды.

Разработана имитационная модель сценарного прогнозирования пищевого поведения интеллектуального агента на основе инварианта мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры. Научная новизна результата определяется тем, что обучение на основе инварианта мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры позволяет интеллектуальному агенту прогнозировать и в превентивном порядке не допускать негативных для себя состояний уменьшение собственной энергии до критического значения. Значимость результата состоит в организации автономного интересного процесса обучения интеллектуального агента исследовательскому поведению при возникновении рассогласования между ожидаемым и фактическим сценариями поведения.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Сформированы основные принципы автоматического построения онтологий интеллектуальных агентов на основе мультиагентных нейрокognитивных архитектур и разработан мультиагентный алгоритм синтеза поведения интеллектуального агента, направленного на автономное формирование недостающих элементов онтологий «по требованию» путем доработки нейрокognитивных архитектур. Научная новизна состоит в том, что для придания интеллектуальным агентам способности к автономной онтологизации с помощью перманентного обучения предлагается использовать интеллектуальные системы на основе нейрокognитивных архитектур.</p> <p>Разработан метод решения задачи восстановления структуры внешней среды самообучающимися робототехническими системами. Научная новизна состоит в том, что в исследовании реализован подход, основанный на структуризации среды коллективом роботов в режиме взаимодействия посредством обмена сообщениями о характеристиках объектов внешней среды с последовательным снижением информационной энтропии. В результате подобного взаимодействия, у всего мультиагентного коллектива роботов формируется таксономизированный набор признаков состояния внешней среды с выделенными физическими объектами с их формализованными индивидуальными характеристиками.</p> <p>Разработан алгоритм нахождения логических функций, которые дают возможность явной интерпретации системы продукционных правил, и наиболее существенных семантических взаимосвязей. Алгоритм основан на комбинировании логико-алгебраического подхода и нейросетевых методов, что дает возможность построения логических функций, описывающих исследуемую область. Дальнейший анализ полученных функций методами булевого дифференцирования позволяют получить представления о наиболее существенных семантических характеристиках для каждого отдельного понятия, и в целом для исследуемой области.</p> <p>Разработана модель раннего развития языковой компетенции с учетом влияния социальных факторов на основе анализа экспериментальных данных поведенческих исследований и модельных представлений о механизмах распознавания речи с точки зрения когнитивной психологии. Предлагаемая модель фонематического импринтинга, являющаяся первым уровнем обобщенной концепции речевосприятия, разрабатываемой на осно-</p>

ве междисциплинарного подхода и описывает процесс отображения аудио стимулов в классы элементарных единиц языка, обрабатывая звуковую информацию на трех этапах: регистрация, оценка, размещение. Первый этап обработки имитирует функции периферической слуховой системы человека. На этапе оценки физические признаки зарегистрированного сигнала дополняются параметрами, соответствующими психическим представлениям о них – бинарным признаком прототипности и признаком эмоциональной окраски (на основе сравнительной оценки продолжительности звучания материнских гласных и средней продолжительности звучания гласных, извлеченных из речи взрослых, а также используя сведения о том, что сигналы невысокой громкости привлекают внимание и оцениваются позитивно). На третьем этапе система размещает агента в признаковом пространстве с учетом концептуальных представлений магнитной теории родного языка. Модель позволяет исследовать особенности фонетического восприятия, когнитивные механизмы, лежащие в основе языкового развития, выделять основные факторы, влияющие на продолжительность и особенности периода пластичности. Разработанная модель дает возможность строить перцептивные карты, проектировать диагностический инструментарий для описания и исследования сенситивного периода. Модель также может быть использована для создания речевых систем, устойчивых к многообразию акцентов и эффективных при использовании в условиях высокой зашумленности.

Разработана методика моделирования поведения участников экономической системы в условиях неопределенности на базе модификации гиперигровых моделей. Представлена гиперигровая модель взаимодействия инвестора и инноватора, которая расширяет возможности традиционного теоретико-игрового моделирования, позволяет учитывать недостаток знаний игроков, анализировать стратегии, основанные на введении в заблуждение неинформированного оппонента. Модель является многоходовой, включает последовательный пересчет оценок множества комбинаций угроз и ответов в различных вариантах моделируемой ситуации. Показано, как с помощью представленной модели участники экономического взаимодействия в условиях неопределенности могут оперативно пересчитывать ожидаемые полезности своих стратегий, прогнозировать стратегии других участников игры и разделять оценку разных источников неопределенности.

Предложена модифицированная модель формирования высокопроизводительных кластеров в АПК, позволяющая структурировать алгоритм управления инновационной деятельностью участников кластера, ресурсные, информационные и иные связи меж-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>ду ними, а также выявить рациональные условия сотрудничества всех его участников. Предложены методические подходы к анализу формирования высокопроизводительных кластеров в АПК, отличающиеся составом комплекса взаимосопреженных показателей, характеризующих не только экономическую эффективность, но и социальный аспект развития, и экологическую безопасность.</p> <p>Построены теоретико-игровые модели взаимодействия инвестора и инноватора при ненаблюдаемых характеристиках проектов и при ненаблюдаемых действиях инноватора. Взаимодействие участников сделки происходит по типу «принципал-агент», необходимые ресурсы, контроль над процессом реализации проекта передается от принципала агенту. Сотрудничество принципала и агента регламентировано контрактами. Определены условия применимости построенных моделей до и после заключения контракта.</p> <p>Создан прототип сервиса базовой информационно-аналитической системы (БИАС) для формирования и наполнения репозитория когнитивной информационно-коммуникационной системы бионаноробототехники (БНРТ) в форме аппаратно-программного комплекса локального сервера персональной базы знаний на викидвижке DokuWiki. Прототип протестирован на задаче построения тематического информационного ресурса для выполнения анализа опубликованной научно-технической информации по технологиям и методам нанобиоэлектроники (НБЭХ) для электрохимических биосенсоров, имплантируемых биоприборов и картирования электрохимических явлений, в результате которого сделана обоснованная оценка возможности и перспективности взаимодействия НБЭХ и БНРТ для решения задач автоматизации молекулярного производства. В конструкцию прототипа сервиса заложена возможность расширения информационного ресурса по тематическим и специальным запросам. Полученные результаты позволяют искать подходы к созданию междисциплинарной системы интеграции технологической информации в прикладных исследованиях БНРТ.</p> <p style="text-align: center;">ИИПРУ КБНЦ РАН</p> <p>Разработана мультиагентная модель процесса рассуждений в задачах ориентации и навигации автономного мобильного робота по данным многомодальных потоков данных на основе самоорганизации нейрокогнитивных архитектур.</p>

Рост управляющей нейрокогнитивной архитектуры детерминирован ситуационным окружением робота и составом его сенсорной подсистемы, работающей на основе датчиков, генерирующих многомодальные потоки данных.

Научная новизна результата определяется тем, что задача навигации и ориентации решается за счет обработки многомодальных данных с помощью мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры.

Значимость результата определяется возможностями реализации самообучающихся систем ориентации и навигации автономных мобильных роботов, формирующих активную семантически нагруженную пространственную модель «по требованию» в условиях реальной среды.

НАИС КБНЦ РАН

Разработана технология видеомониторинга водителя в кабине транспортного средства путем определения у него опасных состояний: сонливость, отвлечение внимания, не пристегнутый ремень безопасности, использование мобильного телефона, курение, прием пищи или напитков, попытки компрометации камеры. Технология основывается на применении сервис-ориентированной архитектуры и метода машинного обучения к решению задачи классификации изображений лица и тела водителя. При определении одного из вышеперечисленных опасных состояний комплекс воспроизводит водителю соответствующее голосовое уведомление, а также передает информацию об опасном состоянии в диспетчерский центр. Программный комплекс ориентирован на использование в автопарках компаний для снижения аварийности на дорогах общего пользования за счет видеомониторинга действий водителей и отслеживания их поведения во время управления транспортным средством, предоставляя компаниям возможность применять дисциплинарные взыскания и отстранения от управления транспортными средствами. Обнаруженные опасные состояния сопровождаются подтверждающими их видеофрагментами.

Разработан программный комплекс, предназначенный для автоматического распознавания русского жестового языка (РЖЯ) в условиях сложной динамической фоновой обстановки, позволяющий производить машинный анализ и преобразование элементов РЖЯ в текст для основных групп потенциальных потребителей: владельцев сетевых супермаркетов; владельцев торгово-развлекательных центров малой площади; государственных и частных музеев, выставок; центры обслуживания населения (аэропорты, по-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ликлиники, авто- и железнодорожные станции и т.д.), частные и государственные учреждения, напрямую связанные с сурдологикой.</p> <p style="text-align: center;">СПИИРАН</p> <p>Проведен анализ разработанных алгоритмов выделения трансплантированных мезенхимальных стволовых клеток и зон интереса врача-исследователя, который показал, что полученные результаты в виде оценок вычислительной сложности алгоритмов согласуются с результатами экспериментального анализа временных характеристик программных реализаций. Разработанные алгоритмы эффективно реализуются на типовом компьютере, что позволяет использовать их в составе исследовательского медицинского комплекса, предназначенного для врачей, занимающихся анализом МРТ-данных в лабораторных условиях.</p> <p>Предложен метод выделения устойчивых дескрипторов изображения как инвариантов или полуинвариантов к преобразованиям масштабирования и яркости позволяет решать задачи классификации снимков кристаллизованных капель биологической жидкости (фаций) в условиях возможной неустойчивости съемки. Применение предложенных устойчивых характеристик в качестве дескрипторов для классификаторов, построенных на матрицах ковариаций, демонстрирует уверенное выявление тяжелого заболевания мочекаменной болезни и нормы в бинарной задаче и удовлетворительное качество обнаружения промежуточных стадий заболевания.</p> <p>Предложен метод сжатия информации на основе BoW-словарей и KAZE-дескрипторов, позволяющий сохранить больше информации, пригодной для обучения искусственной нейронной сети прямого распространения, чем специализированная сверточная сеть. Прогнозирование личностных факторов по BoW-словарям и KAZE-дескрипторам позволяет прогнозированию с прямой обработкой изображений с помощью нейронных сетей в части выбора наиболее и наименее выраженных факторов. На тестовых выборках хорошо прогнозируются факторы «Openness» и «Agreeableness», что подтверждает гипотезу о связи изображений, размещаемых пользователями социальной сети, с этими личностными факторами. Метод может рассматриваться как инструмент, помогающий в работе психологов, определяющих личностные черты с помощью тестирования.</p>

Разработана математическая модель зеркально-линзовой оптической системы, состоящей из монокулярной камеры и источника структурированной подсветки в виде линии. Модель позволила оценить погрешность в измерении расстояния до наблюдаемых объектов в зависимости от ее параметров, а также определить оптимальную конфигурацию стереосистемы, при которой достигаются минимальные погрешности в измерении расстояния до объектов. Новизна модели заключается в учете большого числа различных параметров реальной стереосистемы из камеры и источника подсветки. Значимость результата определяется тем, что подобные стереосистемы можно использовать для навигации автономных роботов по изображениям окружающей обстановки, а также в целях анализа изображений в системах технической диагностики.

Модифицирован и исследован алгоритм сегментации мультиспектральных снимков ДЗЗ, отличающийся использованием многомасштабного представления изображений, предварительной сегментации снимков с помощью вегетационных индексов, а также использованием сверточной нейронной сети. Предложенный подход повышает точность сегментации и уменьшает объем вычислений. Новизна результата состоит в том, что точность и скорость нейросетевой сегментации повышается за счет многомасштабного представления снимков ДЗЗ и использования комитета классификаторов (вегетационные индексы и нейронная сеть). Значимость результатов состоит в развитии методов визуализации мультиспектральных данных для обработки изображений в области аэрокосмической съемки.

ИПС РАН

Проведено исследование применимости техники функций Мёбиуса для вычленения доли ошибок в агрибутах, описывающих обучающие примеры.

Получены аналитические соотношения для индикаторов предпочтительности сравнимых объектов и величины сопутствующих рисков при дефазификации метода осреднения вкладов моноинтервалов нечетких объектов и метода центра тяжести. Эти результаты имеют самостоятельное значение, а также дополняют соотношения, установленные ранее при сравнении нечетких полиинтервальных альтернатив методом «среднее – риск». Изучены различия в получаемых результатах, что позволяет экспертам осознанно выбирать процедуры дефазификации и использовать для сопоставления полиинтервальных объектов многометодный комплексный подход, повышающий обоснованность результатов сравнения.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>В области разведочного информационного поиска и анализа больших текстовых коллекций предложен ряд модификаций алгоритмов вероятностного тематического моделирования, обеспечивающих высокое качество и скорость построения моделей. В задачах тематического поиска это позволило достичь показателей точности и полноты выше 95%.</p> <p>Предложенные методы реализованы в проектах с открытым кодом BigARTM и TopicNet. Разработан и успешно апробирован новый подход к связыванию текстовых документов с различными субъектами научно-технической деятельности (потенциальные центры компетенций, авторы, рецензенты, эксперты, исполнители НИОКР). Подход основан на новых методах оценки тематической близости между научно-техническими документами с использованием инструментов искусственного интеллекта. Особенностью подхода является минимальное использование вычислительно интенсивных операций, что позволяет применять его для анализа больших и сверхбольших массивов текстов (более 200 млн документов). Подход применяется при создании перспективных методов решения таких задач, как подбор экспертов и рецензентов, построение научных и патентных ландшафтов, выявление центров компетенций.</p> <p>Получены методы комплексного интеллектуального анализа данных социальных сетей, направленные на выявление психологических особенностей у пользователей социальных сетей, включая выявление личностных черт, депрессивности, склонности к здоровому образу жизни. Методы основаны на интеллектуальном анализе текстовых сообщений, изображений, публикуемых пользователями социальных сетей, а также информации о социальных связях и другой активности пользователя.</p> <p>Предложена новая векторно-семиотическая архитектура (VSemA) для решения одной из ключевых проблем в области привязки символов и общего искусственного интеллекта – задачи ответов на вопросы по изображениям. VSemA архитектура использует биологически правдоподобный метод кодирования сенсорной информации в виде высокоразмерных векторов и семиотический способ представления высокоуровневых знаний об изображенных на сцене объектах.</p> <p>Предложено теоретическое обобщение метода поиска имплицитных концептов логико-семантических отношений (ЛСО) в надкорпусных базах данных в текстах на русском</p>

языке, если в их переводах на французский язык ЛСО эксплицированы. Метод поиска имплицитных концептов ЛСО опробован на примере французских коннекторов, которыми могут соответствовать русские коннекторы, но они могут и отсутствовать, что усложняет компьютерную обработку текстов на естественном языке, так как тогда в текстах отсутствуют символичные маркеры ЛСО, то есть ЛСО являются имплицитными. Предложенное обобщение метода поиска имплицитных концептов позволяет расширить спектр видов асимметричностей параллельных текстов как объектов семантического поиска в надкорпусных базах данных.

Разработана первая система автоматического дискурсивного анализа для текстов на русском языке, получены результаты оценки качества дискурсивного анализа на материале корпуса RuRSTreebank. В предложенной системе решаются все подзадачи дискурсивного анализа: дискурсивная сегментация, построение дискурсивного дерева, классификация риторических отношений. Предложен алгоритм и метод структурной классификации для построения дискурсивных деревьев, получены первые результаты для данных подзадач дискурсивного анализа на русскоязычном корпусе. Предложено использование модели глубокого обучения ViMPM в подзадачах дискурсивной классификации.

Построена функционально-семантическая модель пропозициональных структур для англо-русской языковой пары; разработаны методы семантической кластеризации на основе векторных моделей; развиты функциональные возможности инструментальных средств лингвистического анализа; проведен лингвистический анализ параллельных текстов и выполнено формирование параллельного англо-франко-русского корпуса; выполнено моделирование процедур анализа-перевода для гибридной системы англо-русского машинного перевода и извлечения концептуальных структур в многоязычном режиме; разработаны средства семантической навигации по Интернет в рамках заданных предметных областей; создана оболочка лингвистической базы данных для представления многоязычных семантико-синтаксических структур; предложены модели трансформации смысловой структуры в процессе перевода текстов с использованием механизма обобщенных синтагм и технологии создания отраслевой многофункциональной интеграционной информационно-аналитической системы на примере авиационной отрасли.

Предложены и апробированы новые методы выявления неявных ссылок и связей между документами в рамках решения задачи поиска связанных и тематически близких нормативно-правовых документов, основной проблемой которой является тематическая

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>разнородность юридических текстов, а также большое количество явных и неявных ссылок на другие документы.</p> <p>Разработаны методы идентификации и визуализации конфликтов между агентами в гибридных интеллектуальных многоагентных системах. Идентификация конфликтов – первый этап процесса управления конфликтами агентов, на котором определяется их тип и величина напряженности. Это позволяет управлять процессом коллективных «рассуждений», активируя различные типы коллективного «мышления», обеспечивая релевантность гибридных интеллектуальных многоагентных систем малым коллективам экспертов, решающим практические проблемы. Визуализация конфликтов повышает надежность состояния системы, процесса выработки решения и, соответственно, доверие пользователей к результатам ее работы.</p> <p>Разработаны методы моделирования процессов автоматизации анализа изображений при использовании в качестве исходных данных плохо формализованных представлений изображений, включающих собственно простейшие данные – изображения и их фрагменты, модели изображений, не полностью формализованные представления и подмножества комбинаций указанных представлений.</p> <p>Проведено описание предметной области системы коррекции яркости и цвета при создании панорамных изображений; разработаны информационные модели информационного технологий создания панорамных изображений и нахождения особых точек на созданных панорамах; разработаны метод коррекции яркости и цвета при создании панорамных изображений и метод нахождения и идентификации аномалий на создаваемых панорамах.</p> <p>Разработана система критериев и предложена методика оценки надежности новостных источников.</p> <p style="text-align: center;">ФИЦ ИУ РАН</p> <p>Показана перспективность многомасштабного сглаживания исходных изображений. Использование сразу 9 масштабов позволило увеличить точность классификации крупноформатного изображения на 3% по сравнению с результатом, достигнутым при</p>

оптимальном размере ядра предварительной обработки. Это, с одной стороны, приводит к повышению трудоемкости вычислений за счет кратного числу масштабов увеличения количества признаков и не позволяет добиться эффективности большей, чем при совместном применении предварительной и апостериорной обработки. Однако с другой стороны, бесспорным преимуществом многомасштабного сглаживания является то, что оно дает возможность исключить весьма трудоемкую процедуру подбора масштаба предварительной пространственной обработки.

Предложен метод коррекции структурной помехи в паре кадров, отличающихся сдвигом фона, не требующий выравнивания чувствительности приемника посредством его предварительной калибровки. При межкадровой обработке последовательности изображений с малоразмерными объектами (характерный размер ~ 3 пикселей) коррекция позволяет в несколько раз подавить остаточный фон, практически не искажая формы и амплитуды объектов.

Разработан алгоритм фильтрации, основанный на разложении коррелированной последовательности случайных величин в суперпозицию степеней некоррелированной последовательности. В численном эксперименте показано лучшее подавление шума по сравнению с фильтрацией Винера-Колмогорова.

Проанализированы несколько типов проекторов инфракрасных сцен на основе микрочеркальных технологий с точки зрения принципов построения стенда для исследования спектрального диапазона. Разработаны принципы построения стенда для исследования систем обнаружения подвижных объектов. Изображения объектов генерируются программой анимации 3DS моделей Augora Animation 3D. Нестационарный пространственный фон создается генеративно-состязательной нейронной сетью. Изображения движущихся объектов налагаются на фон и подаются в проектор ИК сцен в спектральном диапазоне 3–15 мкм. Считывание ИК изображений производится тепловизором, сигналы с которого поступают в сверточную нейронную сеть, обученную на аугментированной выборке.

Предложены алгоритмы оптимальной локализации случайных точечно-импульсных источников, имеющих многоступенчатую одномерную плотность распределения вероятности на интервале поиска. Их отличительной особенностью является то, что в практических приложениях они могут быть физически реализованы с помощью перемещения односвязной сканирующей апертуры с динамически программируемым размером окна обзора. Рассчитаны параметры оптимальной многоэтапной процедуры, при которых ми-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>нимизируется (в статистическом плане) среднее время поиска случайного сигнала источника в зависимости от его мощности и требуемой точности локализации. В перспективе планируется расширить применение построенных оптимальных алгоритмов на двумерный случай.</p> <p style="text-align: center;">ИИиЭ СО РАН</p> <p>Создана онтология для описания причинно-следственных связей в различных предметных областях для распознавания аномальных процессов с использованием нечетких множеств. Для нечеткого описания предложены модальности отдельных признаков, количественные спецификаторы достаточного количества признаков для распознаваемой аномалии, а также определение множества вариантов поддиапазонов значений для нечетких проявлений. Реализация модели на платформе IASRaas обеспечивает интеграцию знаний об аномалиях разной степени сложности с несколькими методами приобретения знаний. Адекватность применения модели была проверена в нескольких предметных областях (диагностика в медицине, диагностика состояния сельскохозяйственных культур, диагностика неисправностей автономного подводного робота).</p> <p>Проведен статистический анализ данных, выделены значимые показатели, на их основе разработаны прогностические модели, предсказывающие наличие положительной динамики процесса выздоровления больных в Приморском краеюм противотуберкулезном диспансере, в том числе логистическая регрессионная модель с девятью предикторами и нейросетевая модель в виде однослойного перцептрона с пятью нейронами. Высокое качество моделей дает возможность использовать их на практике для мониторинга процесса выздоровления и принятия эффективных мер при лечении больных туберкулезом.</p> <p>Применение данных дистанционного зондирования морской поверхности, других мониторинговых измерений и математического моделирования приводит к оценкам характеристик функционирования фитопланктона в обширном морском районе с последующей оценкой биопродуктивности. Исследуется влияние среды обитания на функционирование фитопланктона, отклик структуры доминирующих видов фитопланктона на изменения климатических условий.</p>

Разработан Облачный сервис поддержки принятия решений, аккумулирующий переловые знания в области диагностики вирусных заболеваний, включая коронавирусные (SARS, MERS и COVID-19). Особо актуальны такие системы в период эпидемических вспышек, когда в процесс диагностики вовлекается огромное число врачей, время на принятие решений очень мало, а сама диагностика постоянно совершенствуется и уточняется. Наиболее готовы к этому вызову методы искусственного интеллекта с онтологическими базами знаний. Разработанный сервис включает онтологические базы знаний по диагностике вирусных заболеваний, онтологию истории болезни, базы терминологии и наблюдений, а также решатель задач на основе онтологических баз знаний. Сервис генерирует детализированное объяснение принятых решений.

ИАПУ ДВО РАН

Проведены исследования поведения плавучих трассеров на поверхности океана (хлопья, пластик, нефтяные пятна). Эти объекты образуют ярко выраженные кластеры, поэтому понимание и предсказание данного явления является важной и актуальной задачей. Выполнены вычислительные эксперименты на основе разработанных математических моделей, а также сравнение полученных результатов со спутниковыми данными. В результате получены зависимости кластеризации плавучих трассеров от кинематических характеристик скорости поверхности океана.

ИАПУ ДВО РАН совместно с ТОИ ДВО РАН: Imperial College London, UK

Показано, что динамика популяции определяется величиной среднего репродуктивного потенциала зрелых особей и интенсивностью процессов саморегуляции. В модели при пониженном репродуктивном потенциале гетерозиготы возникает мультистабильность динамики частот генов: в системе одновременно существуют оба мономорфных равновесия и колебательные режимы динамики генетического состава популяции. Данными сценарии микроразволюции генетического состава популяции, согласуются с результатами исследований популяции Тихоокеанской горбуши, которая демонстрирует не только колебания численности, но и наличие генетически дифференцированных субпопуляций смежных поколений.

ИАПУ ДВО РАН, ИКАРП ДВО РАН

Предложена дискретная во времени модель динамики сообщества «хищник – жертва», ориентированная на описание динамики численности сообщества «песец – мышевидные

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>грызуны». Показано, что, наряду с устойчивым развитием сообщества, возможны сложные колебания численностей взаимодействующих видов, в том числе длиннопериодические колебания с запаздыванием, подобные автоколебаниям в классической модели Лотки-Вольтерры. Показано, что соотношение текущих численностей хищника и жертвы определяет под чью динамику подстраивается поведение сообщества в целом. При этом вариация текущих численностей может привести к смене наблюдаемого режима динамики.</p> <p style="text-align: center;">ИАПУ ДВО РАН совместно с ИКАРП ДВО РАН, Indian Institute of Technology Indore, India; National Institute of Technology Meghalaya, India</p> <p>Оптоинформационные технологии получения и обработки гиперспектральных данных</p> <p>Разработан и изготовлен гиперспектрометр на основе схемы Оффнера с радиальную схемой крепления основных элементов. Гиперспектрометр содержит двухдиапазонную дифракционную решетку на выпуклом зеркале, которая рассчитана на работу в диапазонах от 0,4 мкм до 0,9 мкм (видимый) и от 0,9 мкм до 1,7 мкм (коротковолновый инфракрасный). Конструкция позволяет за счет двух осевых подвижек сохранить ширину функции рассеяния точки в температурном диапазоне -40 – +45°С. При любой температуре из этого диапазона сохраняются спектральное разрешение в 1,3 нм (более 400 спектральных каналов) при угловом разрешении 0,0028°. Полученный результат открывает возможность для использования схемы Оффнера на космических аппаратах без системы термостабилизации.</p> <p style="text-align: center;">ИСОИ РАН</p> <p>Определены функциональные свойства и перспективы пространственной организации когнитивной транспортной системы (КТС). Разработаны новые архитектурные решения для КТС, методы управления ими и модели интеллектуального анализа данных для прикладных программных компонент КТС.</p> <p>Выполнен анализ механизмов управления развитием транспортной инфраструктуры региона, проведен анализ устойчивости функционирования транспортного комплекса в</p>

экстремальных условиях и предложена методология когнитивного прогнозирования информационно-телекоммуникационной инфраструктуры транспортного комплекса крупного региона. Проведено исследование логических методов машинного обучения в задачах, решаемых КТС. Разработаны транспортно-ориентированные системы анализа и передачи видеoinформации на базе субмикронной технологии СБИС.

Полученные результаты применимы при формировании долгосрочных прогнозов и программ развития транспорта и могут служить основой для дальнейших исследований по разработке эффективных методов управления функционированием КТС.

Исследованы методы физического контроля и мониторинга воздействий транспорта на население, флору, фауну и объекты инфраструктуры региона. Предложены модели экологических датчиков, методы анализа полученных данных (дескриптивной, диагностической, прогнозной и подписывающей) и реализующие их алгоритмы (древовидный, нейросетевой, генетический, логический и Байесовский). Разработан комплекс методов обработки Больших данных и приведен пример решения экологической задачи методом логического анализа данных.

Исследованы вопросы интенсивности и безопасности мореплавания в районе газовых месторождений. Рассмотрены возможности влияния аварий на подводном газопроводе высокого давления на суда и экологическую обстановку, и негативного воздействия судохозяйства на функционирование подводного добычного комплекса. Исследованы вопросы обеспечения экологической безопасности при обращении с отработавшим ядерным топливом (выдержка, транспортировка, хранение, переработка). Изучены вопросы экологически безопасного развития транспортной инфраструктуры вдоль северного морского пути и разработана технология экологически безопасной экстренной доставки грузов на объекты Крайнего Севера.

ИПТ РАН

Для управляемой системы связанных цепей Маркова, имеющих общие параметры управления, предложено тензорное описание. Условие оптимальности управления в виде динамического уравнение программирования выведено в тензорной форме. Это условие можно свести к системе связанных обыкновенных дифференциальных уравнений, которая допускает эффективное численное решение. Как приложение рассмотрена задача оптимального управления системой водоемов с фазовыми и балансными ограничениями. Разработан общий метод представления управления МЦ в тензорной форме, полученные

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>условия оптимальности в тензорной форме и решены модельные задачи управления распределением водных ресурсов в Гилбурнском каскаде (северо-западная Виктория, Австралия).</p> <p>В развитие теории стохастического управления МЦ с непрерывными и импульсными воздействиями разработан метод оптимизации на основе условий оптимальности в форме квазивариационных неравенств. Дальнейшие исследования в области импульсного управления привели к появлению нового класса управляемых динамических систем, описываемых дифференциальными уравнениями с мерой, которые универсальным способом описывают и импульсные и непрерывные воздействия. В этом классе систем были получены условия существования оптимальных обобщенных решений и обобщенных управлений-мер и одновременно непрерывных управлений и получены условия оптимальности в форме обобщенного принципа максимума.</p> <p>Для выполнения точного захода на посадку и посадки БПЛА в автоматическом режиме используются системы посадки аэродромного базирования. Для совместной обработки измерений бортовой инерциальной навигационной системы (ИНС), высотометров и системы локальной посадки, обычно используется фильтр Калмана. Применение квадратичного критерия в фильтре Калмана влетает за собой известную проблему высокой чувствительности оценок к аномальным ошибкам измерений. Во время фазы автоматического подхода аномальные навигационные ошибки могут привести к катастрофическим последствиям, поэтому алгоритм комплексирования данных должен автоматически определять и изолировать аномальные измерения. В работе представлен алгоритм фильтрации, устойчивый к аномальным ошибкам в измерениях и в качестве примера рассматривается его применение в задаче комплексирования данных при посадке, с использованием бортовых датчиков, ИНС и высотометров. Робастность оценки достигается за счет совместного использования метода наименьшего модуля ошибки и фильтра Калмана. Для обнаружения и локализации отказов используется критерий хи-квадрат. Это делает возможной настройку алгоритма в соответствии с требованиями по вероятности ложной тревоги и пропуска ошибки. Приведены результаты тестирования алгоритма робастной фильтрации, как для синтезированных данных, так и для реальных измерений.</p>

Предложен алгоритм построения трехмерной модели объекта с нежесткой формой с помощью одной камеры глубины без ограничения движения камеры и современных детекторов-дескрипторов визуальных признаков. Для улучшения качества трехмерной модели предложена регистрация с использованием модифицированного итеративного алгоритма ближайших точек и динамическое построение плотной трехмерной модели объектов. Результаты моделирования показали, что предлагаемый алгоритм способен эффективно генерировать плотную трехмерную модель объектов с нежесткой формой.

Алгоритмы оптического потока (ОП) являются ключевыми и стартовыми в более сложных методах реконструкции 3D сцен, распознавания действий, слежение за движущимися объектами. Современные методы оценки ОП используют архитектуру нейронных сетей, на выходе которых часто возникают разреженные данные, требующие интерполяции. Поэтому в данной работе была выведена аналитическая форма решения для интерполяции разреженных данных, используя геодезическое пространство близости опорного изображения, связанного с интерполируемыми разреженными данными. Мы сравнили наш метод с другим алгоритмом нейросетевого вычисления ОП ErisFlowb который интуитивно мотивирован практически тем же принципом геодезического расстояния. Было показано, что наш подход более общий, более быстрый и с более четкой теоретической мотивацией. Для проверки точности нашего подхода мы совместили наш метод интерполяции с нейросетевой архитектурой метода DCFlow, и сравнили с результатом интерполяции ErisFlow на том же разреженном наборе данных. Сравнение показывает, что наш подход более точный, чем метод ErisFlow.

Предложен алгоритм слежения за несколькими объектами, использующий локально-адаптивную обобщенную корреляционную фильтрацию. Алгоритм слежения является устойчивым к геометрическим искажениям объектов, частичному перекрытию объектов предметами сцены, неравномерному освещению сцены и наличию аддитивного шума на изображениях сцены. Предложенная система использует обобщенные оптимальные корреляционные фильтры и схему предсказания, построенную на основе кинематической модели движения объектов. Адаптация корреляционных фильтров к текущим изменениям сцены производится с помощью их итеративного обучения.

Для решения задач навигации беспилотных аппаратов в подводной среде с применением гидролокационных и доплеровских наблюдений предложено применение условно-минимаксной нелинейной фильтрации (УМНФ) для онлайн-оценки движения подводного аппарата с учетом комбинации гидролокационных и доплеровских наблюдений с

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>шумами в дискретном времени. Предлагаемые постулаты фильтра: повторяющаяся форма «прогноз – коррекция» с некоторыми предопределенными базовыми прогнозами и исправлениями. Оценки УМНФ имеют следующие преимущества: функции. Во-первых, полученные оценки несмещены. Во-вторых, теоретическая ковариационная матрица ошибок УМНФ соответствует реальным значениям. В-третьих, алгоритм УМНФ дает возможность выбирать предварительное преобразование наблюдений, базовое прогнозирование и корректирующие функции в любых конкретных случаях системы наблюдений для значительного повышения точности оценки. Все особенности условно-минимаксные оценок демонстрируются на примере регрессии случайного положения оценка с учетом шумных наблюдений пеленга. В качестве примера проведено численное изучение алгоритма УМНФ, применяемого для сопровождения подводной цели с учетом только пеленга и пеленг-доплеровского наблюдения.</p> <p>При посадке БПЛА особое значение приобретают т.н. аномальные ошибки в каналах измерения. Предложен новый подход для решения задачи фильтрации в линейных системах по неполным измерениям, где характеристики динамического шума точно неизвестны, а в измерениях могут присутствовать аномальные ошибки. В основе предлагаемого алгоритма лежит фильтр Калмана, одновременно с оценкой вектора состояния системы рассчитывается оценка ковариационной матрицы динамического шума, а для расчета «весов» измерений используется обобщенный метод наименьших модулей. Такой подход позволяет существенно снизить чувствительность решения к кратковременным выбросам в измерениях, а в случае избыточности измерений – обнаружить и изолировать источник аномальных измерений. Применение обобщенного метода наименьших модулей также обеспечивает быструю настройку параметров динамики системы, уменьшая время переходного процесса по сравнению с классическими методами оптимальной линейной фильтрации. Предлагаемый алгоритм может быть использован для решения навигационной задачи на борту летательных аппаратов или для задачи сопровождения цели. В работе уделяется внимание выбору численных методов, которые учитывают особенность машинной арифметики и могут быть использованы для стабильной реализации алгоритма на целевой ЭВМ. Для решения задачи по методу наименьших модулей использована специальная версия симплекс-метода оптимизации.</p>

Поисковые операции с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) обычно осуществляются в два этапа. Первый – это обзор области наблюдения и сбора данных с помощью оптоэлектронных камер, а второй – передача данных в центр управления полетами. Очень часто наблюдаемый объект находится довольно далеко от зоны покрытия сети связи базовой стационарной станции общего пользования или группы мобильных базовых станций, временно развернутых для поисковой миссии. Это, а также ограничения, вызванные особенностями земной поверхности, могут препятствовать немедленной передаче собранных данных. Следовательно, после сбора данных БПЛА должен найти подходящую позицию для успешной передачи информации. Кроме того, в случае выполнения комплексной поисковой миссии БПЛА должен быть готов к внеплановой корректировке задачи, а значит, к приземлению и началу нового рейса. В данной статье рассматривается планирование поисковой миссии БПЛА как задача оптимизации пути. Цель оптимизации – выбрать лучшие условия для сбора и передачи данных при заданной скорости движения и временных ограничениях. Параметры оптимизации: траектория БПЛА и план передачи данных, таким образом, задача оптимизации естественным образом складывается на внутреннюю задачу оптимизации передачи данных и планирования траектории для наблюдения и поиска.

Предложен новый подход к решению задачи диагностики искажений видеоинформации на основе использования глубоких нейронных сетей. Решена задача определения типа и параметров линейных однородных искажающих операторов основных видов: круговой формы прямоугольного профиля, круговой формы Гауссова профиля и линейной формы прямоугольного профиля. Исследована возможность применения нейронных сетей с архитектурами ResNet50, ResNet29 и ResNet18 для идентификации вида и определения параметров искажений. Показано, что качество работы нейронной сети не уступает методам, основанным на спектральном анализе.

Разработан алгоритм сглаживания изображения, сохраняющего структуру изображения. Показано, что критерием для ограничения области сглаживания должно быть не распределение значений сигнала или граница яркости, а принадлежность точек одной и той же пространственной области к изображению. Предложен подход к сглаживанию, основанный на обнаружении ярких переходов между областями изображения и конформно-ограниченном сглаживании внутри областей. Разработан алгоритм сглаживания, основанный на «сходстве» точек на изображении.

Системы, описываемые цепями Маркова (ЦМ), известны давно и используются в различных областях. Задачи управления цепями Маркова в непрерывном времени обычно

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>решаются путем сведения к решению системы обыкновенных дифференциальных уравнений, которая является аналогом уравнения динамического программирования. Эта система, в обязательном порядке, содержит решение задачи минимизации на множестве допустимых управлений в каждый момент времени и успех в получении численного решения зависит от эффективности процедуры оптимизации, ведь ее нужно проводить для всех состояний МЦ в любое время. Постановка задачи управления связанной МЦ и вывод уравнения динамического программирования в тензорной форме были представлены в наших предыдущих работах, в данном случае особенностью является невыпуклость задачи минимизации, решаемой на каждом временном шаге для всей совокупности состояний.</p> <p>Интерпретация текста часто требует обращения к фоновым знаниям, основанным на логике здравого смысла, и умозаключений на основе этих знаний. Удобным инструментом для разработки методов обращения с такими знаниями являются специально составленные вопросы, ответ на которые требует определенных умозаключений. Интересный пример такого набора вопросов дает недавно опубликованный массив под названием Triangle Choice of Plausible Alternatives (Triangle-COPA). Он содержит 100 заданий с многовариантными ответами, требующих интерпретации социальных сценариев. Каждое задание содержит утверждение и две связанных с ним альтернативы. Задача состоит в идентификации более правдоподобной альтернативы. Для работы с этими заданиями мы используем семантический анализатор общего назначения SemETAR. Для систем, стремящихся делать логические умозаключения, основанные на здравом смысле, типично, что они оперируют с логическими формулами, составленными вручную. В отличие от этого, наш анализатор получает на вход текст на естественном языке и реализует полный сценарий обработки этого текста. Мы строим Расширенную семантическую структуру как утверждения, содержащегося в задании, так и в обеих предложенных альтернативах и определяем, какая из альтернатив обнаруживает большее семантическое согласование с утверждением с точки зрения возможных умозаключений.</p> <p>В 2019–2020 гг. в Лаборатории был создан экспериментальный алгоритм синтаксического анализа, использующий существующие правила построения синтаксических связей, но имеющий другую архитектуру. Целью его разработки было уменьшение коли-</p>

чества ошибок в синтаксических структурах длинных фраз и ситуаций комбинаторного взрыва. Его главные особенности: анализ фразы в направлении «снизу вверх»; конвейерная архитектура; использование информации не только о синтаксических зависимостях, но и о составляющих. Качество работы алгоритма на многих типах конструкций оказывается заметно лучше, чем у прежней версии.

СинTagРус – крупнейший в мире корпус русского языка с разметкой на морфосинтаксическом уровне, полностью отредактированный экспертами-лингвистами и входящий в состав Национального корпуса русского языка. В 2020 г. была проведена значительная работа по пополнению корпуса, в результате которой его объем увеличился приблизительно на 15% и составил около 90 тыс. предложений (более 1,25 млн словоупотреблений). В состав корпуса входит более 700 художественных, публицистических, научно-популярных и новостных текстов. Наряду с морфосинтаксической, корпус также содержит лексико-семантическую, лексико-функциональную, анафорическую и микросинтаксическую разметку. Корпус СинTagРус используется для целей теоретико-лингвистических исследований, для практической лексикографии и для разработки компьютерных приложений, основанных на машинном обучении.

Создана первая очередь семантического корпуса русского языка. В нем для каждого предложения в автоматическом режиме строится два типа семантических структур – Базовая (БСемС) и Расширенная (РСемС). БСемС описывает непосредственное значение предложения, а РСемС обогащает ее многочисленными умозаключениями. Различаются два типа умозаключений – импликации (обладающие стопроцентной истинностью) и импликатуры (порождающие правдоподобные ожидания). Первая очередь корпуса содержит два типа предложений – предложения с базовыми лексическими единицами и фразы, иллюстрирующие семантический анализ основных грамматических конструкций русского языка. Большая часть предложений снабжена вопросами, которые были обработаны вопросно-ответным модулем семантического анализатора. Благодаря этому удается проконтролировать, в какой степени РСемС содержит выводы, опирающиеся на имплицитную информацию, не выраженную в тексте.

Для глубокого семантического анализа текстов разработан собственный модуль логического вывода (ризонер), призванный заменить используемый ранее сторонний ризонер RDFox. Собственный ризонер позволяет реализовать дополнительные возможности логического вывода, которые требуются при обработке текстов. В частности, мы добавили поддержку отрицания и квантора всеобщности в виде импликаций, или, иными словами,

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>поддержку гипотетического ризонинга. Для гипотетического ризонинга используется механизм условного доказательства во вложенном контексте, в котором сначала посылка импликации предполагается истинной, потом проводится ризонинг с целью понять, выводится ли из неё заключение импликации. Если заключение вывелось, значит импликация верна, иначе нет. После проверки истинности импликации вложенный контекст удаляется. Вложенные контексты позволяют моделировать не только условные доказательства, но и, например, модальные высказывания, правдоподобные ожидания и др. Таким образом, разработан механизм логического вывода, который позволит покрыть широкий спектр лингвистически релевантных явлений.</p> <p>Разработан фрагмент словаря концептов, относящийся к сфере эмоций и внутренних состояний. Созданы описания таких концептов как Embarrassment, ReliefFeeling, Happiness, Unhappiness, BeingLost, Jealousy, FeelingSleepy. Проведена также первичная проверка применимости полученных формальных описаний для решения практических задач. Так, например, проверено, что, если в тексте имеется утверждение об «облегчении», которое испытывает человек, на основании описания соответствующего семантического концепта делается вывод о том, что человеку было плохо, но стало легче. Каждая статья словаря концептов представляет собой несколько упрощенный и обобщенный перевод толкований, выработанных в традиции семантики и лексикографии, на формальный язык. Такая работа позволила использовать результаты теоретических семантических исследований для решения задач извлечения данных из текстов и создания вопросно-ответной системы.</p> <p>Лексические функции как способ представления стандартных смыслов, имеющих нестандартное выражение при разных словах и в разных языках, использовались ранее для перевода между языками и перифразирования. Проведена адаптация правил обработки лексических функций семейства OPER-FUNC для семантического анализа текстов, то есть построения базовых и расширенных структур, соответствующих русским предложениям. В результате проделанной работы такие фразы как «человек оказал помощь другу» и «друг получил помощь от человека» получают одинаковые семантические представления. Вследствие широкого распространения лексических функций семейства OPER-</p>

FUNC проделанная работа позволила оптимизировать обработку конструкций с десятиками наиболее широко употребительных непредметных существительных русского языка.

Синтаксический корпус русского языка СинТагРус пополнен темпоральной разметкой. На первом этапе размечались предложения, содержащие существительные, обозначающие отрезки времени – год, понедельник, лето и т.д. Для каждого временного выражения определялось: 1) указание на соответствующее ему синтаксическое поддерево (например, в прошлом году);

2) указание на событие, которое выражение характеризует (приехал – в прошлом году); 3) набор семантических характеристик временного выражения (например, локализация (в прошлом году), длительность (весь год), интервал (через год)) и т.д. Размечено 9000 предложений.

При синтаксической деривации (например, при деривации прилагательных от существительных) семантические валентности производящих слов наследуются частично и на основании нетривиальных закономерностей. Особый интерес представляют ситуации, когда валентности деривата не сводятся к редукции валентностей исходного предиката, а сохраняются полностью, однако реализуются в семантической структуре существенно иным образом, чем валентности производящего слова. Этот эффект наблюдается у слов, имеющих сложные валентности Части и Целого, как у слова процент и его деривата процентный, которые поразному взаимодействуют с предикатами разных классов. Например, выражение двухпроцентный йод означает, что йод составляет 2 процента от всего вещества, шестипроцентное молоко – что релевантный компонент (жир) составляет 6 процентов от молока, а пятипроцентный рост инвестиций означает рост инвестиций, при котором разница между результирующей и исходной величиной составляет 5 процентов от исходной величины.

Обнаружены неизвестные ранее оппозиции пропозициональных валентностей русских глагольных предикатов, входящие в валентные рамки единиц, обозначающих речевые акты, и предложены две семантических интерпретации таких оппозиций. Показано, что единая валентность содержания, которая до последнего времени использовалась в семантическом представлении высказываний с речевыми предикатами, в действительности должна быть расщеплена на две: валентность, вводящую некоторый факт и стимулирующую говорящего совершить речевой акт, и валентность аргументации, которая отражает реакцию говорящего на этот факт. Во фразе Иван извинился, что не пришел на встречу клауза, вводимая союзом что, выражает положение дел, а во фразе Иван извинился, что

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>был болен такая клауза передает реакцию Ивана на положение дел (например, отсутствие на встрече), побуждающее его дать объяснение этому отсутствию. Выдвигается также гипотеза о существовании предикатов, имеющих два валентных центра.</p> <p>В серии статей последних лет получило распространение утверждение о том, что известное противопоставление актантов и сирконстантов (arguments – adjuncts), восходящее к книге Теньера 1959 г. и принятое во всех современных синтаксических теориях, должно быть отвергнуто, поскольку (а) не существует объективных и надежных критериев для проведения границы между ними и (б) это противопоставление не играет существенной роли в существующих синтаксических и семантических описаниях. Мы показали, что:</p> <p>(а) поскольку большинство лингвистических категорий организовано по принципу центр – периферия, требование наличия формальных критериев их идентификации для них нерелевантно. Их обоснование базируется на индуктивной процедуре, отталкивающейся от центральных случаев. (б) Противопоставление актантов и сирконстантов играет принципиальную роль в семантическом анализе текста при объединении значений слов в значении всего предложения.</p> <p>Языковые конструкции, выражающие идею обладания таким образом, что обладатель синтаксически не зависит от обладаемого, называются конструкциями с внешним посессором. Пример такой конструкции: У Ивана в доме. Альтернатива ей – генитивная конструкция (в доме Ивана). Масштабное корпусное исследование, выполненное под руководством А.Е. Кибрика 15 лет назад, ставило своей целью создать исчерпывающее описание русских конструкций с внешним посессором. В нашем исследовании мы показываем, что конструкция с предлогом К (к Ивану в дом) ошибочно причисляется А.Е. Кибриком к конструкциям с внешним посессором. Исследование привлекает материал Национального корпуса русского языка.</p> <p>Были проведены психолингвистические эксперименты, в которых испытуемые в инкрементальном режиме строили синтаксические структуры английских предложений. Испытуемому последовательно предъявлялись растущие начальные отрезки некоторого предложения, и он должен был проводить синтаксические связи между последним словом отрезка («активным словом») и предыдущими словами. Испытуемый также видел</p>

ограниченный правый контекст – фиксированное число слов, следующих за активным словом. Эксперименты показали, что при правом контексте размером в 2 слова испытуемые уверенно строили синтаксические структуры повествовательных предложений. Аналогичные эксперименты были проведены в 2019 г. для русского языка. Статью по результатам работы предполагается представить на конференцию «Диалог-2021».

Предложен подход, позволяющий снизить вычислительную сложность алгоритма свертки и обратной проекции (также известного как метод фильтрованных обратных проекций, FBP), широко используемого в рентгеновской томографии. Новый алгоритм требует $O(N^2 \log N)$ операций сложения и $O(N^2)$ операций умножения; тогда как ранее предложенные требовали не менее $O(N^2 \log N)$ операций умножения, а классическая реализация – $O(N^3)$ операций, где N – характерный линейный размер восстанавливаемого изображения. Показано, что операция свертки с рамп-фильтром может быть аппроксимирована последовательным применением двух рекурсивных фильтров. Описан метод быстрого вычисления обратного дискретного преобразования Радона, позволяющий ускорить обратное проецирование.

Контактная линза с центральным окклюдером ($KL + O$) представляется удобным средством для выделения периферических зрительных механизмов, поскольку она исключает возможность перевода тестовое изображение на фовеа. Результаты расчетов, проведенных нами на основе геометрической оптики и данных о параметрах глаз человека, были использованы для оценки величины центральной слепой зоны, создаваемой заданным окклюдером в различных условиях эксперимента. Экспериментальная часть работы включала измерение размеров слепой зоны и ее позиции в поле зрения. Сделано заключение, что $KL + O$ является перспективным средством для исследования периферического зрения, однако его применение требует тщательного контроля условий эксперимента, поскольку область окклюзии на сетчатке существенно зависит от индивидуальных особенностей глазной оптики и уровня освещения экспериментальной сцены, влияющего на диаметр зрачка.

Предложен новый метод моделирования подводных изображений на основе натуральных надводных, что позволяет избежать дорогостоящего процесса по сбору данных. Такое моделирование широко используется при разработке новых методов улучшения подводных изображений. Большая группа существующих методов использует одну и ту же детерминированную модель преобразования изображения, игнорирующую наличие на изображениях шума и не учитывающую спектральные свойства используемого сенсора.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Предложен алгоритм имитации подводных изображений в калибровочных координатах цветов. На наборе данных, состоящих из 3 сенсоров, 350 окрасок Кринова и 10 типов вод по Ерлову, были проведены численные эксперименты по имитации подводных изображений, которые показали, что средняя ошибка цветопередачи предложенного алгоритма со спектральной калибровкой оказывается на 29% меньше чем с тривиальной. Кроме того, теоретически и численным моделированием показано, что точность отношения сигнал/шум подводных изображений, имитированных с использованием детерминированного преобразования, падает с увеличением расстояния до объекта съемки. Для решения этой проблемы предложена новая модель преобразования изображения, которая учитывает наличие шума на изображении и при этом совместима с большинством используемых методов. Результаты моделирования с использованием существующих и предложенной моделей показали, что на больших расстояниях новые результаты существенно лучше согласуются с реальными данными.</p> <p>На предыдущих этапах исследования для измерений остроты зрения (O3) были разработаны две новые таблицы с модифицированными трехполосными оптограммами. В текущем году продолжена работа по оценке качества таблиц на основе повторяемости результатов и сопоставления абсолютных значений показателей O3, полученных с использованием стандартными таблицами ETDRS, Lea, Сивцева-Головина и E-таблицей, а также новыми разработанными таблицами ИТР-V и ИТР на пациентах с катарактой и без патологий. Новые таблицы показали хорошую повторяемость (LoA по методу Бленда-Альтмана – 0.4 и 0.29 LogMAR). Абсолютные значения, полученные с использованием ИТР и ИТР-V оказались выше, чем в случае таблиц ETDRS и E, что согласуется с некоторыми работами, посвященными сравнению остроты разрешения и остроты распознавания, и представляет интерес для дальнейшего более подробного исследования.</p> <p>Исследовано использование функции потерь для обучения каскадной сверточной нейронной сети (CNN), BranchyNet, содержащей «мелкие» ветви с ранним выходом, добавленные к некоторым сверточным слоям. Такая модификация позволяет снизить требования CNN к вычислительным ресурсам, позволяя обрабатывать простые входные выборки без выполнения полного объема вычислений, что важно в мобильных или встроженных</p>

устройствах. Предложенный подход позволяет явно регулировать среднее время вычислений CNN и использовать энтропию предсказания ветвей в качестве меры достоверности. Показано, что на наборе данных CIFAR10 предложенный подход обеспечивает увеличение скорости на 47% (классическая архитектура BranchyNet обеспечивала ускорение только на 43%) без ухудшения качества по сравнению с исходной функцией потерь.

Изучали особенности зрительного восприятия человека в виртуальных средах, создаваемых на основе стереотехнологий. В исследовании участвовали 100 человек в возрасте от 17 до 79 лет. Для наблюдения виртуальных стереообъектов применяли компьютерную программу «Фузия», созданную для измерения фузионных резервов, характеризующих качество механизмов стереовосприятия. Обнаружено, что люди с нормально функционирующими механизмами бинокулярного стереопсиса могут существенно различаться по характеру восприятия виртуальных стереообъектов. Выделено 4 типа стереовосприятия. Предполагается, что описанные феномены и выявленная типология пространных перцептивных эффектов являются следствием перестройки взаимодействия зрительных сенсоров, аккомодационных и глазодвигательных механизмов формирования видимых образов при адаптации к виртуальной среде.

Исследована динамическая модель биологической нейронной сети, используемая в крупномасштабных численных симуляциях. При помощи компьютерного моделирования показано, что спайковая активность сети, как функция времени, качественно описывается сигмоидой, т. е. монотонно и нелинейно выходит на стационарный средний уровень с относительно высокочастотными колебаниями малой амплитуды. Величина стационарного уровня сетевой активности, в свою очередь, нелинейно зависит от амплитуды импульса синаптического тока. Несмотря на стохастическую спонтанную активность нейронов, сетевое взаимодействие между ними может приводить к тому, что генерация спайков каждым нейроном в стационарном режиме становится квази-периодической. При фиксированной реализации коннектома сети результаты симуляций для current-based и conductance-based случаев получаются качественно одинаковыми.

Предложено решение задачи автоматического определения расположения сельскохозяйственных полей на спутниковых изображениях на основе полноцветных оптических изображений и карт индекса вегетации NDVI со спутников Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 м. Задача решается с применением сверточной нейронной сети с архитектурой из семейства U-Net. Показана применимость данного подхода для автоматизации картирования земель в задачах сельскохозяйственного мониторинга.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Для обеспечения возможности фокусировки объектов, расположенных на разных расстояниях от глаза, у пациентов, перенесших операцию по удалению катаракты, применяются различные типы мультифокальных интраокулярных линз (МИОЛ). Послеоперационная оценка эффективности работы зрительной системы при разных расстояниях наблюдения имеет большое значение как для врачей, так и для производителей МИОЛ. Была разработана методика подробной оценки остроты зрения пациентов с разными типами МИОЛ, проведено сравнение характеристик линз AcrySof IQ PanOptix (TFN) и AT LISA tri 839 MP (TRI), показаны преимущества первой группы линз.</p> <p>В задаче распознавания гладких замкнутых контуров (овалов) в произвольном ракурсе показано, что на H-поляре контура можно найти две пары проективно стабильных точек, названных дуальными парами (ДП). Каждая ДП задает квартал проективно инвариантных позиций на овале (О). Найденные четверки точек контура О позволяют построить эталон О, а композиции ДП пригодны для организации малоразмерных дескрипторов О. Описаны процедуры вычисления стабильных вершин О для различных случаев взаимного расположения.</p> <p>В рамках эксперимента SIRIUS-19 (4-месячная изоляция шести испытываемых в гермо-объекте, имитирующем условия на космическом корабле во время полета до Луны, облета лунной орбиты и возвращения на Землю) проводилась оценка ряда показателей состояния зрительной системы. В ходе исследования было необходимо выяснить, достаточно ли адаптационных резервов зрительной системы для поддержания стабильной работоспособности в условиях, имитирующих длительный космический полет. В сравнении с контрольной группой, выявлен клинически незначимый, но статистически достоверный прирост показателей критической частоты слияния мельканий (КЧСМ). Данное наблюдение требует дополнительной проверки и выяснения механизмов явления, если оно окажется повторяемым.</p> <p>Описан полный спектр отражательных операторов ассоциированных с интегрируемыми структурами моделей Фатеева, модели AKNS, rarefipr и КдФ. Получены соотношения между отражательными S матрицами модели сигары и конформной моделью Лиувилля. Результаты применимы к описанию скейлинговых свойств состояний Бете</p>

в решеточных моделях и представляют интерес в изучении обобщенных ансамблей Гиббса с соответствующими интегрируемыми структурами.

Изучены конструкции построения зеркальных пар многообразий Калаби-Яу на мере орбифолдов Квинтики – конструкция Бергунда-Хубша-Кравитца и конструкция Батьрева. По виду полиномов, задающего многообразие Калаби-Яу, определены полномы для зеркального многообразия, для которого найдена группа симметрии и проверено, что она совпадает с предсказанной конструкцией БХК. Так же с помощью конструкции Батьрева дано объяснение совпадения чисел Хожда и специальных Келлеровых геометрий на пространстве модулей комплексных структур, в двух многообразиях Калаби-Яу, ассоциированных с одной и той же $N=2$ калибровочной сигма моделью.

Обсуждены на микро уровне причины появления тензора супертока, который представляет тензорную поляризацию кирального кодсата в КХД. Приведены аргументы, что ток экранирует инстантон-антиинстантонные пары в вакууме КХД аналогично тому как векторный суперток экранирует вихри Абрикосова в сверхпроводнике. Обсуждены некоторые экспериментальные проявления тензорного супертока.

Изучена динамика неабелевых вихрей в $N=2$ суперсимметричной КХД с калибровочной группой $U(N)$ и N кварковыми ароматами, деформированных массой сопряженной материи. В пределе больших масс голая четырехмерная теория течет в $N=1$ симметричную КХД. Динамика ориентацияльных нулевых мод неабелевой струны описывается $CP(N-1)$ на мировом листе. В пределе нулевой массы эта модель имеет $N=(2,2)$ суперсимметрию, а в пределе больших масс иеи в неусуперсимметричную модель $CP(N-1)$. Модель на мировом листе решена в пределе больших N , изучены ее фазовая структура.

Предложена алгебраическая конструкция для форм факторов в решеточных моделях RSOS типа, на уровне когомологий соответствующего БРСТ комплекса дано доказательство замыкания процедуры слияния для операторов, порождающих квазичастичные возбуждения.

То, какие аминокислоты являются предпочтительными в данной позиции, изменяется в ходе эволюции белка. Это может происходить по двум причинам. Изменения могут вызываться заменами в эпистатически взаимодействующих сайтах в другом месте генома. С другой стороны, они могут возникать из-за изменений окружающей среды, внешних по отношению к геному.

Был разработан метод для различения этих альтернатив. С использованием аналитического и численного моделирование, показано, что эти механизмы должны приводить

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>к противоположной динамике приспособленности аллеля, который в настоящее время занимает этот сайт: она должна увеличиваться со временем с момента его возникновения из-за эпистаза («укоренение»), но снижаться из-за случайных колебаний отбора («старение»). Анализ геномов позвоночных и насекомых показал, что аминокислоты в сайтах под действием отрицательного отбора претерпевают укоренение. Напротив, аминокислоты в положительно отбираемых сайтах испытывают старение. Это позволяет предположить, что старение текущего аллеля является одной из причин адаптивной эволюции.</p> <p>Половое размножение характеризует почти всех существующих эукариот. Поскольку большинство бесполовых линий недолговечны, отказ от полового размножения обычно считается эволюционным тупиком. Тем не менее, предполагаемые древние бесполовые линии ставят под сомнения эту точку зрения. Один из самых ярких примеров – бделлоидные коловратки, микроскопические пресноводные беспозвоночные, которые, как считается, полностью отказались от полового размножения десятки миллионов лет назад.</p> <p>Сравнение полных геномов одиннадцати пойманных в дикой природе особей бделлоидной коловратки <i>Adineta vaga</i> показал, что некоторые закономерности в ее генетической изменчивости несовместимы со строгой клональностью и отсутствием генетического обмена. Эти паттерны включают соотношения частот генотипов внутри локусов, близкие к ожиданиям Харди-Вайнберга, отсутствие неравновесия по сцеплению между удаленными локусами, несовпадающие филогении гаплотипов по всему геному и доказательство гибридизации между дивергентными линиями. Независимый анализ триаллельных сайтов подтверждает эти выводы. Эти результаты предоставляют доказательства межвидового генетического обмена и рекомбинации у <i>A. vaga</i>, вида, ранее считавшегося издревле бесполом.</p> <p>SARS-CoV-2 – это новый коронавирус, вызывающий инфекцию COVID-19, ближайший известный родственник которого обнаружен у летучих мышей. Для этого вируса были секвенированы сотни геномов. Эти данные дают представление об адаптациях SARS-CoV-2, детерминантах патогенности и паттернах мутаций. Сравнение паттернов мутаций, произошедших до и после перехода SARS-CoV-2 к человеческим хозяевам, может выявить важные эволюционные последствия зоонозной передачи.</p>

Общедоступные полные геномы SARS-CoV-2 были использованы для расчета относительных частот одонуклеотидных вариаций. Эти частоты сравнивались с относительными частотами замен между SARS-CoV-2 и родственными коронавирусами животных. Аналогичный анализ был проведен для коронавируса человека SARS-CoV и HKU1. Было обнаружено девятикратное превышение трансверсий G-U среди мутаций SARS-CoV-2 над относительными частотами замен между SARS-CoV-2 и близким родственником коронавируса от летучих мышей (RaTG13). Это говорит о том, что мутационные паттерны SARS-CoV-2 изменились после передачи человеку. Избыток трансверсий G-U был значительно меньше в аналогичном анализе для SARS-CoV и отсутствовал для HKU1. Примечательно, что отсутствует подобный избыток комплементарных мутаций C-A в SARS-CoV-2.

Одним из механизмов увеличения разнообразия транскриптома является редактирование мРНК: химическое изменение аденинов в инозины, которые затем читаются в ходе трансляции как гуанины. В литературе было описано несколько случаев, когда такое редактирование оказывается функционально важным (у дрожжей и млекопитающих), однако считалось, что большинство событий редактирования – это клеточный шум. При этом у мягкотелых головоногих моллюсков редактирования очень много – до одного процента всех аденинов.

Сопоставление транскриптомов двух видов осьминогов, кальмара и каракатицы показало, что если аденин редактируется, то с большой вероятностью в близком виде ему соответствует аденин и, более того, имеется отбор в сторону замен сильно редактируемых аденинов на гуанины уже на геномном уровне. Это первый пример массовой фенотипической пластичности на молекулярном уровне, и он имеет интересную интерпретацию как возможный механизм ускорения эволюции в низкополиморфной популяции за счет создания промежуточных состояний и за счет увеличения размера мишени для благоприятных мутаций (увеличивающих уровень редактирования в позициях, где гуанин является предпочтительным вариантом).

Исследованы наборы рибосомных белков у бактерий с размером генома менее 1 млн пар нуклеотидов. Показано, массовые потери рибосомных белков случаются у бактерий с геномом 300 тыс. пар нуклеотидов и ниже. При этом белковый состав малой субъединицы более стабилен, чем большой. Описаны потери рибосомных белков показано, что некоторые белки терялись в ходе эволюции несколько раз независимо в разных таксономических группах. Описаны группы белков, теряемых одновременно. Часто утрачиваемые

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>белки как правило располагаются на поверхности рибосомы и образуют относительно меньше контактов с другими белками. Делеции в рРНК как правило случаются в петлях и не коррелируют с потерями белков; однако, потеря участка анти-Шайн-Дальгарно может быть ассоциирована с утратой большого количества рибосомных белков.</p> <p>Многократное появление сходных адаптаций часто объясняется параллельной эволюцией основных генов. Однако свидетельства параллельной эволюции на аминокислотном уровне ограничены. Когда анализируемые виды сильно различаются, это может быть связано с эпистатическими взаимодействиями, лежащими в основе динамической природы аминокислотных предпочтений: одна и та же аминокислотная замена может иметь разные фенотипические эффекты на разных генетических фонах. Кроме того, менее близкородственные виды часто обитают в совершенно разных средах, что снижает вероятность появления параллельных адаптаций.</p> <p>Было сделано предположение, что параллельные молекулярные адаптации более распространены между близкородственными видами. Для его проверки была изучена скорость параллельной эволюции наборов ортологических генов в полных геномах трех групп видов с широким диапазоном уровней дивергенции: 46 видах относительно недавней радиации амфипод озера Байкал, группы видов очень близкородственных цихлид и группы видов значительно более дивергентных позвоночных. В генах амфипод частота параллельных замен в несинонимичных сайтах превышала таковую в синонимичных сайтах, что указывает на повсеместный отбор, приводящий к параллельной адаптации. В сайтах параллельных замен внутривидовой полиморфизм низкий; это показывает, что параллелизм был обусловлен положительным отбором и поэтому является адаптивным. Напротив, у цихлид скорость несинонимичной параллельной эволюции сходна с таковой в синонимичных участках, тогда как у позвоночных эта скорость была ниже, чем в синонимичных участках. Это показывает, что в этих группах видов параллельные замены в основном закрепляются дрейфом.</p> <p>Базидиомицет <i>Schizophyllum commune</i> имеет самый высокий уровень генетического полиморфизма среди живых организмов. Ранее было показано, что он характеризуется также довольно высоким уровнем мутаций на поколение (2×10^{-8}), что, вероятно, спо-</p>

способствует его высокому полиморфизму. Однако этот показатель был измерен только в эксперименте на чашках Петри, и неясно, каков он в естественных популяциях.

Была разработана схема эксперимента, позволявшая измерить скорость накопления *de novo* мутаций в линейно растущем мицелии. Оказалось, что *S. commune* накапливает мутации со скоростью $1,24 \times 10^{-7}$ замен на нуклеотид на метр роста, или $\sim 2,04 \times 10^{-11}$ на нуклеотид на деление клетки. В отличие от того, что наблюдалось ранее у ряда видов с экстенсивным вегетативным ростом, эта скорость не снижается в процессе размножения мицелия. В результате даже умеренная частота мутаций на одно клеточное деление у *S. commune* может привести к очень высокой частоте мутаций на одно поколение, если количество клеточных делений между последовательными мейозами велико.

В рамках международного проекта Pan-Cancer Analysis of Whole Genome (PCAWG) выполнен анализ мутационной активности ферментов семейства APOBEC и последствий их активности, приводящих к повреждению ДНК. Был изучен вклад данных повреждений в процесс возникновения злокачественных опухолей [1-9]. В проекте PCAWG было секвенировано более 2600 образцов злокачественных опухолей 38-ми различных типов рака, что позволило выполнить подробный анализ генетических изменений, приводящих к возникновению злокачественных опухолей.

Фосфорилирование – одна из самых частых и важных пост-трансляционных модификаций белков. Исследована эволюция сайтов фосфорилирования белков млекопитающих. Показано, что паттерны замен фосфорилированных аминокислот (серин, треонин, тирозин) отличаются от таковых у нефосфорилированных аналогов, причем как эволюционных паттерны, так и функциональная нагрузка (тканевая специфичность / универсальность) ярче выражены у кластеризованных (по последовательности) фосфорисированных сайтов.

Разработана алгоритмическая модель поиска генов, кодирующих белки у (1) грызунообразных и большинства приматов, но ставших псевдогенами у (2) человека. В равной мере модель применима к другим наперёд заданному множеству видов вместо (1) и наперёд заданному виду вместо (2). Для указанного примера таких генов найдено всего 43 (у мыши), 42 (у крысы) и 37 (у кролика). Некоторые белок-кодирующие гены, псевдогенизировались независимо у человека и одного из человекообразных (например, у человека и гориллы). Найденные гены исключительно или в основном экспрессируются в семенниках. В частности, можно предположить, что значительное изменение или потеря гена ZNF271, кодирующего белок с доменом zinc finger, непосредственно увеличивает

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>пролиферацию клеток мозга. С другой стороны, изменения или потери гена FBXL21, связанного с регуляцией циркадных ритмов, а также гена HTR5B, кодирующего серотониновый рецептор 5B, косвенно влияют на увеличение головного мозга через увеличение возраста достижения зрелости и развитие признаков неотении.</p> <p>Была охарактеризована морфология и содержание транскриптома новой линии, связанной с животными, хищной жгутиковой <i>Trinacartarog unisontum</i>. Туникартарог – чрезвычайно маленькая (3-5 мм) и морфологически простая клетка, внешне напоминающая некоторые грибовые зооспоры. Транскриптом туникартарора кодирует полный набор жгутиковых генов и связанный с жгутиками кальциевый канал, который является общим только для хищных родственников животных и отсутствует у микробных паразитов и травоядных. Туникартарог также кодирует несколько основных классов молекул адгезии животных клеток, а также гомологи белков, участвующих в развитии нервной системы, которые не были обнаружены в других родственных линиях животных. Филогеномика, включающая <i>Trinacartarog</i>, подчеркивает разнообразие родственных животных линий и указывает на необходимость осторожности при определении специфичных для животных генов.</p> <p>Были получены библиотеки ДНК и проведено секвенирование (с покрытием ~250) паразитического кишечного Polypodium hydriiforme, занимающего на филогенетическом древе сестринскую позицию относительно группы Muxozoa. <i>P. hydriiforme</i> был изолирован из осетра <i>Acipenser gueldenstaedtii</i>. Размер ядерного генома <i>P. hydriiforme</i> составляет 300–350 млн п.о., а полного митохондриального генома – 23860 п.о. Состав белок-кодирующих генов митохондрии <i>P. hydriiforme</i> соответствует ожидаемому составу для митохондриальных геномов животных, за исключением отсутствия <i>cox3</i> и, вероятно, <i>atp8</i>.</p> <p>Проведено секвенирование генома представителя нового вида Placozoa: <i>Noilungia</i> sp. H4 размером 98,6 миллионов п.н. (N50=75 т.п.н.). Результат анализа белковых доменов, в особенности связанных с апоптозом и канцерогенезом подтвердил выводы, сделанные в ранее опубликованных статьях по (Zverkov et al. 2019 и Panchin et al. 2019).</p> <p>Показана статистически значимая зависимость между межгенными расхождениями отдельно у архей, бактерий и пластид родофитной ветви и оптимальной температурой</p>

роста организма. Температура зависит от расстояния обратно пропорционально квадрату медианы расстояния. В частности, высоким температурам соответствуют маленькие расстояния. Построена модель этой зависимости, которая показала, что с ростом температуры конкуренция между РНК-полимеразами значительно убывает.

Исследованы меромиктические водоемы, состоящие из слоев разного происхождения и возраста, что позволяет извлечь информацию об истории и функционировании этих водоемов. Создана геоинформационная система (ГИС), включающая слои, которые описывают большой набор абиотических и биологических характеристик. С помощью этой системы реконструирована история формирования экосистемы некоторых прибрежных водоемов на побережье Белого моря. Исследовано функционирование микробного сообщества в зависимости от положения в градиенте физико-химических условий, формирующегося в меромиктических водоемах. Разработана методика количественного изучения бактериохлорофиллов аноксигенных фотосинтезирующих бактерий, основанная на измерении спектров природных образцов воды. Исследованы закономерности размещения фотосинтезирующих организмов фито- и бактериопланктона вдоль градиента смены физико-химических условий в меромиктических водоемах. Изучено распределение зообентоса в меромиктических водоемах в зависимости от степени их изоляции от моря.

Исследованы частоты контактов, образуемых различными областями генома при пространственной укладке хроматина, по данным HiC. Показано, что частота контактов значимо выше у активно транскрибируемых областей, и коррелирует со структурой компартментов. При этом частота контактов консервативная в сингенных областях человека и мыши и, тем самым, является эволюционно стабильной характеристикой.

Эффективность инициации трансляции у бактерий существенно зависит от контекста стартового кодона. Совместно с группой П.В. Сергиева (МГУ) исследованы данные об уровне трансляции генов с рандомизированными участками непосредственно перед (область Шайна-Дальгарно) и сразу после (первые 10 кодонов) старта трансляции. Подтверждено негативное влияние вторичной структуры в области старта гена на инициацию трансляции. Заметный вклад, особенно на бедной среде, оказывают первые несколько кодонов. Дополнительные стартовые кодоны увеличивают эффективность трансляции а Шайн-Дальгарно-подобные участки на 5'-конце гена ее снижают. В зависимости от последовательности между участком Шайна-Дальгарно и стартового кодона, эффективность инициации трансляции может варьировать в пределах двух порядков.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Совместно с лабораторией Джефа Гордона (Сент Луис, США) проведено исследование по выявлению детерминант приспособленности пробиотических штаммов кишечных бактерий в экспериментальной мышиной модели микробной преемственности микробиоты кишечника человека. Для 34 новых кишечных бактерий, являющихся репрезентативными членами полученного модельного сообщества, были определены полные геномные последовательности и реконструированы метаболические пути биосинтеза 8 витаминов и 20 аминокислот, центральный метаболизм углеводов и ферментации, синтез КЖК, а также деградации разнообразных полисахаридов и утилизации составляющих их моносахаридов. Полученные в ходе реконструкции бинарные матрицы метаболических фенотипов и экспериментальные данные по экспрессии генов и изменению численности бактериальных видов в модельном сообществе были использованы для определения фенотипов, коррелирующих с приспособленностью бактерий к смене раннего на позднее сообщество в данной модели. Полученные результаты позволили выяснить вклад метаболических фенотипов в сборку микробных сообществ.</p> <p>В совместной работе с лабораторией Джефа Гордона (Сент Луис, США) был изучен микробиом двенадцатиперстной кишки бангладешских 1,5-летних детей, страдающих экологической кишечной дисфункцией (ЭКД). Обнаружены 39 уникальных штаммов бактерий ассоциированных с данной патологией. Новые бактериальные изоляты были отсекарованы, а их геномы проаннотированы, позволив получить метаболические реконструкции и бинарную матрицу фенотипов для 90 метаболических путей, включая биосинтез аминокислот и витаминов, утилизацию углеводов и продукцию различных продуктов ферментации. Последующие комбинаторные эксперименты с гнотобиотическими мышами, колонизированными микробным сообществом из 39 новых штаммов, позволили описать группу из 14 штаммов, являющихся биомаркерами ЭКД.</p> <p>С использованием методов сравнительной геномики проведен масштабный анализ метаболических путей биосинтеза и деградации аминокислот в 2228 геномах бактерий из кишечной микробиоты человека. Получены каталоги генов составляющих метаболические пути и транспортеры аминокислот, обнаружены новые неортологичные замещения ферментов, выработаны логические правила и определены метаболические фенотипы</p>

для каждого изученного бактериального генома. Полученная база данных метаболических фенотипов для референсных геномов была использована для фенотипирования метагеномных образцов из нескольких крупных исследований микробиоты кишечника человека, что позволило оценить вариабельность метаболического потенциала кишечной микробиоты к биосинтезу и деградации аминокислот.

Проведено совместное с лабораторией Майкла Горана (Юс Анжелес, США) исследование по выявлению изменений микробиоты кишечника младенцев, находящихся на грудном вскармливании, и детей, получающих искусственные молочные смеси различного состава. Было проведено таксономическое и фенотипическое профилирование образцов микробиоты 6-месячных детей, построены линейные регрессионные модели и определены ассоциации между типом употребляемого молока и микробными элементами профилей – индивидуальными метаболическими фенотипами, отражающими кумулятивный метаболический потенциал по синтезу или катаболизму метаболитов. Наибольшие отличия были зафиксированы для фенотипов продукции пропионата, катаболизма лактозы, глюкуроноидов, глюкоконата, раффинозы, арабинозидов и метионина, а также биосинтеза витамина B12. Было показано значительное влияние сахарных добавок к искусственным молочным смесям на состав и функциональный потенциал кишечной микробиоты детей.

Проведено совместное с лабораторией Майкла Горана (Юс Анжелес, США) исследование по выявлению изменений микробиоты кишечника младенцев, находящихся на грудном вскармливании, и детей, получающих искусственные молочные смеси различного состава. Было проведено таксономическое и фенотипическое профилирование образцов микробиоты 6-месячных детей, построены линейные регрессионные модели и определены ассоциации между типом употребляемого молока и микробными элементами профилей – индивидуальными метаболическими фенотипами, отражающими кумулятивный метаболический потенциал по синтезу или катаболизму метаболитов. Наибольшие отличия были зафиксированы для фенотипов продукции пропионата, катаболизма лактозы, глюкуроноидов, глюкоконата, раффинозы, арабинозидов и метионина, а также биосинтеза витамина B12. Было показано значительное влияние сахарных добавок к искусственным молочным смесям на состав и функциональный потенциал кишечной микробиоты детей.

Получены детальные реконструкции метаболических путей ферментации пропионата и бутирата в более 2500 геномах бактерий кишечного микробиома человека. Определены 291 вид и 112 родов кишечных бактерий, способных продуцировать пропионат и/или бутират. Проведено таксономическое и метаболическое профилирование полученных

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>в ходе анаэробной культивации фекальных образцов с добавлением различных пищевых эмульгаторов, которые показали ингибиторный эффект на многих представителей микробиома. Концентрации обоих продуктов ферментации были измерены экспер-ментально. Показано, что под влиянием эмульгаторов падает производство бутирата и вырастает синтез микробиотой пропионата. Полученные с помощью метаболического профилирования кишечных образцов Кумулятивные Фенотипические Индексы для про-пионата и бутирата коррелируют с их экспериментально измеренными значениями.</p> <p>Проведено таксономическое и фенотипическое профилирование более 10 тысяч образ-цов кишечной микробиоты детей, страдающих сахарным диабетом 1-ого типа (T1D), из че-тырех когорт (Финляндия, Швеция, Германия, США), ранее полученных в рамках между-народного проекта TEDDY. Полученные кумулятивные фенотипические индексы (КФИ) показали значительную корреляцию между парами метабеномных образцов, взятых от одного и того же пациента, но отсеквенированных в разных NGS форматах (16S, WGS). С использованием методов машинного обучения и полученных из метабеномного анали-за индексов КФИ, а также данных о таксономических представленности родов бактерий, проведена классификация образцов из двух подгрупп детей (здоровых и T1D) и выявлены метаболические фенотипы и таксоны, являющиеся лучшими предиктора-ми заболевания.</p> <p>Гипертермофильные бактерии <i>Caldicellulosigraptot</i> активно участвуют в деградации полисахаридов клеточной стенки растений. С использованием подходов сравнительной геномики исследованы механизмы регуляции транскрипции генов утилизации углеводов у четырнадцати видов <i>Caldicellulosigraptot</i>. Реконструкция регуляторной сети утилизации углеводов включает предсказанные ДНК сайты связывания для 34 новых регуляторов. Выявленные сайты связывания факторов транскрипции и регулоны были сопоставлены с данными транскриптомики для <i>C. bescii</i>, выращенной на целлюлозе, ксилане, глюкозе и ксилане. Реконструированные регулоны уточнили метаболические схемы утилизации углеводов и улучшили функциональные аннотации 51 транспортера и 11 катаболиче-ских ферментов.</p> <p>Высокопроизводительное секвенирование ДНК плода – многообещающий и все бо-лее распространенный метод обнаружения всех (или всех кодирующих) генетических</p>

вариантов у плода, либо в рамках пренатального скрининга или диагностики, либо для генетической диагностики самопроизвольного прерывания беременности. Во многих случаях ДНК плода (из ворсинок хориона, околоплодных вод или абортинной ткани) может быть загрязнена материнскими клетками, что приводит к смещению ДНК плода и матери. Это заражение материнскими клетками (МСС) нарушает предположение, zaloженное в обычные методы определения вариантов, что каждый аллель в гетерозиготном сайте покрывается в среднем 50% считываний, и, следовательно, может привести к ошибочному определению генотипа.

Был разработан набор методов для снижения ошибки генотипирования в присутствии МСС. Все методы используют вывод данных секвенирования GATK HarploreCaller для (зараженного) образца плода и обоих его родителей, и дополнительно используют информацию о доли МСС (которая легко оценивается по данным высокопроизводительного секвенирования). Первый из этих методов использует байесовскую вероятностную модель для исправления определения генотипа плода, производимого HarploreCaller. Два других метода «обучают» модель коррекции генотипа на примерах. Для обучения и тестирования моделей моделируется заражение плода. С использованием набора тестов показано, что все три метода приводят к существенному повышению точности по сравнению с исходным HarploreCaller, не поддерживающими МСС. Наименее эффективный метод применен к трем образцам ворсин хориона от спонтанно прерванных беременностей.

Показано, что искусственный оптический аналог L-лактата – D-лактат – способен при однократном введении в боковой желудочек головного мозга крыс подавлять бодрствование и увеличивать медленный сон в последующие 6 ч светлого времени суток. Этот эффект, по-видимому, опосредуется одним (или несколькими) из рецепторов L-лактата, по отношению к которым D-лактат выступает в качестве антагониста.

Получен линейный по времени работы и памяти алгоритм, который точно решает следующую задачу, восходящую в части алгоритмов к работам Левенштейна и Хэмминга, а в части приложений к работе Д. Санкова (1992-го года). Задача состояла в кратчайшем преобразовании системы ориентированных слов или, на другом языке, в кратчайшем преобразовании нагруженного ориентированного графа, состоящего из цепей и циклов.

Разработан алгоритм для поиска высоко консервативных участков в данных сим-вольных последовательностях (ВКЭ и УКЭ), его программная реализация тестирована на большом экспериментальном материале. Алгоритм позволяет решать эту задачу для данных: порядка сотни последовательностей, каждая с длиной порядка миллиарда букв,

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>в которых ищутся такие участки с длиной, например, около 25 букв. Это весьма вычислительно трудная задача, имеющая широкий спектр приложений в разных областях.</p> <p>Теория определенности А. Тарского стала одним из краеугольных камней современной математической логики. Тарский (1948) сформулировал проблему: будет ли множество всех определенных вещественных чисел само определенным. С того времени эта проблема для случая аналитической определенности в разных вариантах и в разных частях случаев решалась в отрицательном смысле многими математиками, в частности, Х. Фридманом (1976). В работе впервые получено положительное решение, т.е. построены модели теории множеств, в которых поставленный вопрос имеет положительный ответ для заданного уровня теоретико-типовой определенности.</p> <p>Решена проблема определенности частей эффективного разбиения неконструктивных вещественных чисел на две непустые части. Для этого построена модель теории множеств, в которой неконструктивные числа эффективно разбиты на две эффективно неопределимые части.</p> <p style="text-align: center;">ИППИ РАН</p> <p>Методология информационно-аналитической поддержки управления кадровой безопасностью арктического региона. В целях создания условий для реализации крупных экономических проектов в Арктической зоне РФ разработана методология информационно-аналитической поддержки управления кадровой безопасностью. Методология интегрирует модели и программный инструментарий, обеспечивающие поддержку всех этапов управленческой деятельности в области формирования региональной кадровой политики с учетом потребностей отраслевой экономики. Использование сетцентрического подхода в комбинации с другими методами распределенного управления обеспечивает непрерывный мониторинг, прогнозирование и сценарный анализ кадровой безопасности региона. Методология предназначена для информационно-аналитического обеспечения центра управления арктическим регионом.</p> <p>Метод поддержки адаптивного управления структурой и параметрами промышленно-природных сетцентрических систем. Для повышения устойчивости промышлен-</p>

но-природных систем к изменениям условий их функционирования предложен метод адаптивного управления структурой и параметрами подобных систем на основе ранее разработанных авторами числовых оценок ситуационной осведомленности ЛПР, ответственных за работу составных частей сетцентрической системы. Новизна метода заключается в автоматическом назначении координаторов и формировании их зон ответственности в виде областей локальных максимумов текущих значений оценок ситуационной осведомленности. Переформирование зон осуществляется при диагностировании бытовой деградации оценки осведомленности для какого-либо из координаторов. Метод позволяет улучшить координаруемость сетцентрических систем, в том числе при решении задач оперативного управления объектами Арктической зоны РФ.

Технология генерации маркировочных функций на основе онтологии предметной области для автоматизации процесса обучения нейросетевых языковых моделей. С целью повышения уровня автоматизации процессов формирования обучающих наборов данных при реализации слабоконтролируемого машинного обучения разработана технология генерации маркировочных функций на основе онтологии предметной области. Технология обеспечивает формирование баз знаний интеллектуальных мультипредметных информационных систем посредством автоматической генерации размеченных наборов текстовых данных на основе правил, заданных в онтологии, формирования на основе размеченных данных модели машинного обучения и ее последующего использования для автоматического извлечения фактов и знаний из текстов на естественном языке.

Метод поддержки принятия решений по стратегическому планированию развития промышленно-природных систем региона. Для обеспечения комплексного анализа генерированных атрибутов промышленно-природных систем (ППС) с учетом аспектов безопасности предложена метрика обобщенного пространства состояний, включающего как строковые, так и числовые переменные. Метрика допускает задание асимметричных диапазонов изменения атрибутов и использование экспертных знаний о степени опасности различных состояний объекта моделирования. Исследование ППС в обобщенном пространстве состояний позволяет выполнять логико-аналитическую обработку информации в ранее разработанных авторами когнитивных процедурах упорядочения и классификации объектов с многими и разнородными атрибутами с целью статического и динамического сопоставления различных допустимых и нештатных сценариев развития ППС.

Технология извлечения именованных геоатрибутированных сущностей из предметных текстов на естественном языке. Для автоматизированного динамического формирования

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>предметно-ориентированных ГИС-компонентов мультипредметных информационных систем поддержки регионального управления с геointерфейсом разработана технология извлечения именованных геоатрибутированных сущностей из предметных текстов на естественном языке. В основе технологии лежит алгоритм синтаксического анализа текстов GLR (Generalized left-to-right algorithm), оригинальные контекстно-свободные грамматики и словари ключевых слов (газетиров), позволяющие интерпретировать в качестве топонимов произвольные именованные сущности, имеющие географическую привязку. Использование в рамках технологии лексико-синтаксического подхода к анализу текстов позволяет оперативно синтезировать ГИС-компоненты при появлении информации о новых геоатрибутированных сущностях, представленной в текстовом виде.</p> <p>Метод интеллектуального поиска точных решений задачи планирования открытых горных работ. Разработан метод интеллектуального поиска точных решений задачи планирования открытых горных работ. Метод основан на применении технологии программирования ограничений к двумерной блочной модели выработки для нахождения оптимального плана работ с учетом разнородных ограничений. Для каждого типа ограничений разработаны оригинальные процедуры вывода (распространения ограничений). Метод дает возможность получения точных решений при развивающейся модели предметной области за счет использования алгоритмов редукции ограничений и специализированных эвристик отсека неперспективных альтернатив.</p> <p>Подход к поиску глобального оптимума в задачах групповой классификации, имеющих высокую размерность. Разработан подход к решению задачи групповой кластеризации, основанный на анализе альтернатив методами программирования ограничений с использованием оригинальных эвристик. Кластеризуемые объекты представляются как мультимножества, что позволяет применять соответствующие способы агрегации мнений экспертов. В рамках подхода созданы метод оценки оптимального значения целевой функции путем иерархической кластеризации мультимножеств с учетом априорных ограничений предметной области и метод генерации с применением полученной оценки дополнительных ограничений на искомое решение в виде “smart-таблиц”. Подход позволяет находить наилучшее разбиение в задачах рассматриваемого класса, имеющих высокую размерность.</p>

Информационная технология комплексного анализа, мониторинга и оперативного выявления всплесков в социальных процессах. Для задач информационной поддержки муниципального и корпоративного управления в условиях цифровой экономики разработана технология комплексного анализа региональных сообществ онлайн-сетей. Технология основана на безопасном извлечении открытых данных об активности сообществ социальных медиа, реализует динамическую балансировку потоков запросов к сервисам и адаптивное определение пороговых значений контрольных точек мониторинга. Технология позволяет оперативно выявлять всплесковый характер социальных процессов, а также оценивать реакцию аудитории региональных онлайн-сообществ на муниципальные и корпоративные решения.

Информационная технология динамического синтеза и конфигурирования многоуровневых сетевых систем поддержки управления региональной безопасностью. Для повышения эффективности управления безопасностью в ситуационных центрах региона разработана мультиагентная технология динамического синтеза и конфигурирования распределенных многоуровневых систем поддержки принятия решений. Технология реализует автоматизированное разветвление сети программных агентов и их параметрическую настройку с учетом оперативного контекста решаемой задачи управления. Особенностью технологии является динамическое изменение конфигурации сетевых систем за счет изменения состава агентов и предоставляемых ими сервисов. Применение технологии позволяет сформировать единую цифровую платформу сетевого управления региональной безопасностью и расширить спектр функциональных возможностей системы распределенных ситуационных центров региона.

Модель оценки уровня неопределенности знаний при принятии управленческих решений. Для задач поддержки управления региональной промышленно-экологической безопасностью разработана модель оценки уровня неопределенности информации о параметрах обстановки. Модель задает отношение порядка на конечном множестве вариантов неопределенности, характеризуемых общим набором признаков. С каждым вариантом ассоциированы математические модели описания неопределенности и оценки сопутствующего риска. В составе систем информационной поддержки принятия решений модель позволяет формировать количественные оценки рисков, связанные с неполнотой и неточностью используемых знаний.

Технология извлечения понятий и парадигматических отношений из текстов энциклопедических словарных статей. Для автоматизированного формирования баз знаний мульт-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>типичных информационных систем поддержки регионального развития разработана технология извлечения понятий и парадигматических отношений из текстов энциклопедических словарных статей. Технология состоит из обученной нейросетевой модели и оригинального алгоритма формирования комбинированного признакового пространства, включающего компоненты, определяемые на основе дистрибутивной семантики (Word2Vec) и на основе взвешенной синтактико-семантической сети (дуги – отношения Universal Dependencies), а также статистические меры (TF-IDF). Использование различных признаков текста обеспечивает более высокую точность распознавания основных парадигматических отношений (около 93% на текстах русскоязычной Википедии) в сравнении с аналогами.</p> <p style="text-align: center;">ИИИМ КНЦ РАН</p>
36. Системы автоматизации, CALS-технологии, математические модели и методы исследования сложных управляющих систем и процессов	<p>Вычислена квазиклассическая асимптотика превращения частиц в античастицы. Проведён анализ спин-локальности в калибровочной теории высших спинов. Показано, что размерность пространства 3 является критическим значением в модели генерации событий случайным блужданием.</p> <p>Рассмотрены условия вырождения квазипредставлений компактных групп Ли и условия трансляции некоторых их свойств на подгруппы.</p> <p>В задаче о рассеянии материальной точки на кулоновском силовом центре (в трехмерной постановке) разработан численный метод с автоматическим выбором шага, сохраняющий геометрию фазового пространства и интегралы движения в рамках точной арифметики.</p> <p>Установлена максимальная область применимости метода двойных сумм для оценки вероятности больших выбросов квази-гауссовских процессов.</p> <p>Предложена такая оценка сложности структуры, по которой можно оценить вероятность появления структуры.</p> <p>Установлено, что скользящие интрона очень редкое эволюционное событие.</p> <p>Исследована зависимость протекания выздоровления роженцев после кесарева сечения и выявлена группа особого риска.</p>

Установлено, что при кодировании данных содержательными картинками вероятность перехода человека на параллельные вычисления выше, чем при кодировании формальными символами.

Исследования методом гидропрослушивания и восстановления давления позволяют достоверно обнаружить признаки, указывающие на наличие невыработанных зон и оценить такие параметры, как локализация, размеры, фильтрационно-емкостные свойства.

Предложен и проверен на моделях реальных объектов способ моделирования разработки на основе трубок тока, существенно сокращающий время расчетов при сохранении адекватности результатов.

Апробирован способ определения фильтрационно-емкостных свойств на основе емкостно-резистивных моделей участков пласта, позволяющих значительно сократить время создания таких моделей при сохранении высокой достоверности результатов.

Показана необходимость учета изменений свойств пластов и насыщающих флюидов в ходе разработки.

Приведены алгоритмы комплексного анализа изменения свойств вмещающих пород и флюидов.

Показана возможность вовлечения в разработку высоковязких углеводородов.

Вычислительная модель для тестирования определения ячеистой структуры детонационной волны. Детонационные ячейки являются одним из наиболее важных параметров в исследованиях и экспериментах по распространению детонации.

Проведен ряд вычислительных экспериментов по возможным запускам детонационного двигателя и стабильной работы в разреженной атмосфере.

Разработаны модели и получены численные асимптотические решения для процесса начального раскрытия заранее существующей трещины гидроразрыва.

Представлен новый неявный алгоритм со средним числом в 15 итераций на шаг по времени и 0,5%-ой вычислительной погрешностью для моделирования эволюции заранее существующей трещины с зоной отставания жидкости.

Реализован нейросетевой подход для реализации химической кинетики. Подобный подход для столь сложных жестких систем дифференциальных уравнений был реализован впервые, если исходить из доступных публикаций по данной тематике.

Разработана математическая модель и параллельный вычислительный алгоритм для моделирования процессов сверхзвукового смешения и горения. Модель базируется на RANS и DES подходах и SA модели турбулентности, для интегрирования по времени

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>применяется гибридная схема с использованием LU-SGS-GMRES алгоритма. Валидация модели проведена на задаче о сверхзвуковом горении водородо-воздушной смеси в модельной камере сгорания. Для моделирования горения использовали детальный кинетический механизм. Разработана математическая модель и вычислительный алгоритм для моделирования воспламенения и горения высокоплотных зарядов конвективного горения. Для плотного заряда показано, что прогрев пленки и инициирование её пиролиза происходит за счет теплообмена со сжатым внутри заряда воздухом. Газы от воспламенителя проникают только внутрь небольшой части высокоплотного заряда. Процесс инициирования пиролиза сопровождается снижением температуры газа и интенсивности теплообмена, что приводит к задержке процесса воспламенения пороховых элементов.</p> <p>Получена численная модель зоны диффузной границы с двумя контролирующими ширину зоны параметрами на основе уравнения Кана-Хилларда. Проведен анализ зависимости численных решений (размера зоны интерфейса) от контролирующих параметров. Проведены расчеты некоторых тестовых задач, которые показали заметное улучшение разрешения межфазных границ при использовании модели с уравнением Кана-Хилларда. Проанализированы волновые явления в геологических породах, возникающие в результате воздействия ударной волны от сверхзвукового самолета на поверхность Земли. Метод численного моделирования этих волновых явлений путем постановки N-образной плоской волны в воздухе в качестве начального условия был предложен и обоснован. Предложен метод определения скорости и высоты полета сверхзвукового летательного аппарата на основе анализа генерируемых типов волн и характеристик сейсмограмм для каждого из этих типов волн.</p> <p>Разработано аналитическое УС реального газа для азота, примененное в широком диапазоне плотности (от 0 до значения в тройной точке) и температуры (от 100 до 5000 К), включающем однофазные состояния жидкости и газа, двухфазное состояние жидкости – газ и состояние сверхкритического флюида. Полученное УС внедрено в газодинамическую программу для расчета многомерных турбулентных течений. Проведены расчеты истечения плотной затопленной турбулентной струи криогенного азота в камеру, заполненную азотом при нормальной температуре и давлении 3,98 МПа. Проведено сравне-</p>

ние результатов расчетов с экспериментальными данными по изменению плотности вещества в струях криогенного азота начальной сверхкритической температуры (126,9 и 137 К). Получено удовлетворительное согласие результатов. Разработанное УС позволяет разделять области жидкости и газа по локальным мгновенным значениям плотности и температуры в струе без применения модели двухфазного течения.

ФНЦ НИИСИ РАН

Разработан метод выбора основных насосно-силовых агрегатов (НСА) насосной станции (НС) магистрального трубопровода (МТ) и создана программная система оптимального проектирования МТ в сети городского водоснабжения. Метод, в отличие от существующих, обеспечивает возможность подачи в сеть не только нормативного количества воды потребителям, но и любого потока воды в МТ в заданном диапазоне. Новым важным элементом целевой функции задачи оптимального выбора НСА для НС является сплошность заполнения заданного диапазона подачи воды в сеть активной групповой рабочей характеристикой отбираемых НСА. Также, в отличие от существующих постановок, элементами целевой функции задачи являются не только приведенные затраты на электроэнергию и стоимость НСА, но и водосбережение, обеспечиваемое режимами подачи воды в МТ. Эти режимы зависят от времени суток, времени года, строительства домов и предприятий, подключаемых к сети, питаемой от НС. Такой подход к отбору НСА снижает энергозатраты, затраты на создание резервуаров для хранения, очистки и дальнейшей транспортировки воды. Задача выбора НСА для МТ решается на основе направленного перебора вариантов, удовлетворяющих ограничениям задачи. Проведенный вычислительный эксперимент показал эффективность метода.

Разработаны методы анализа, проектирования и представления информационных структур автоматизированных систем организационного управления и информационных описания соответствующих данных и знаний в информационных хранилищах. Особенностью подхода является основополагающее конструирование набора информационных моделей, фиксируемых в этих хранилищах, для использования в создании и функционировании системы. Научная и практическая значимость определяются: использованием алгебраического подхода к представлению объектов и процессов моделирования; возможностью экспресс-создания прототипов; простотой сопровождения и модификации автоматизируемой системы с возможностью использования разработанных ранее средств информационных технологий.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Получены способы редукции дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка со степенной нелинейностью к нагруженным уравнениям исследованы на примере уравнения Хопфа. В первом способе искомая функция в нелинейном члене заменяется ее средним значением по пространственной переменной. Для решения вспомогательного обыкновенного дифференциального уравнения возможна вторая редукция, на этот раз к алгебраическому уравнению. Во втором способе производится интегральный переход к нагруженному уравнению. Возникающее здесь вспомогательное уравнение решается с помощью частного решения соответствующего дифференциального неравенства. Определены условия существования и единственности слабого решения смешанной задачи для различных волновых уравнений. Первое содержит интеграл по пространственной переменной от натуральной степени модуля решения. Второе уравнение кроме подобного члена содержит целую степень искомого решения. Для доказательств существования решения используется метод компактности. Компактность приближенных галеркинских решений устанавливается с помощью теорем вложения Соболева. Единственность слабого решения доказывается стандартной процедурой из теории гиперболических уравнений.</p> <p>Проведено исследование изменения климата и его последствий в различных климатических зонах юга ЕТР. Сформулированы задачи адаптации АПК к изменению климата, проведен анализ особенностей информационного их обеспечения, предложены методы решения основных из них. Предложен способ улучшения информационного обеспечения задачи снижения рисков в сельском хозяйстве, связанных с недостаточной влагообеспеченностью (включая и засухи). Он основан на использовании результатов исследований климатических изменений гидротермического коэффициента увлажнения, на основе которых определялись соответствующие различным состояниям (пять состояний) увлажненности вероятности. В рамках теории принятия решений предложен метод снижения потерь отрасли от данного явления. Эта же задача сформулирована в рамках линейного программирования. Приводятся результаты модельных расчетов.</p> <p>В рамках исследования динамических и стохастических процессов региональной экономики предложен новый метод анализа динамики национальной экономики. Суть</p>

метода заключается в решении двухточечной краевой задачи для уравнения Самуэля-на-Хикса методом двукратного решения задачи Коши в сочетании с методом прогонки. Для эффективного решения поставленной задачи анализа национальной экономики применяется метод инвариантного погружения.

Для моделирования ориентированной на экономику региональной транспортной подсистемы предложена модель, основанная на энтропийном подходе Гиббса-Шеннона и Ренни. Качественный анализ модели показывает, что региональные границы оказывают значительное сдерживающее влияние на транспортные потоки, значительно различающиеся между регионами и зависящие от направления пересечения границы, что имеет очевидные последствия для региональной экономики. Показана возможность применения гравитационной модели транспортной системы для решения оптимизационных задач ее организации в регионе.

Построены математические модели охлаждения и замораживания живой биологической ткани протяженным линейчатым криоинструментом плоской формы, располагаемым на ее поверхности. Нелинейные источники тепла специального вида, позволяют учесть эффект пространственной локализации температурного поля, а также тепло, выделяющееся при кристаллизации межклеточной и внутриклеточной жидкостей. Построены локально-одномерные разностные схемы для численного решения соответствующих двумерных краевых задач. Для трех видов функциональных зависимостей источников тепла проведен ряд расчетов на ЭВМ, подтверждающих эффективность предложенного метода исследования. Модели могут иметь практическое применение в криомедицине.

Проведено исследование изменений в возрастной структуре населения в мировом масштабе, выявлены закономерности и территориальные особенности трансформации возрастной структуры населения на региональном уровне. Выявлены тенденции демографических процессов и определены проблемные узлы социально-демографического развития. По данным конкретного региона построена интегральная функция для смертности и исследована чувствительность данного демографического показателя к вариациям социальных показателей. В рамках проекта «Демографическое самочувствие России» проведен социологический опрос населения КБР с охватом 600 респондентов. Исходя из предварительного анализа результатов опроса, определены возможные параметры воспроизводства населения, выявлены основные причины, сдерживающие рождаемость в регионе, построены тренды демографического развития.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Рассчитана оценка уровня возможных инвестиционных рисков (политический, экономический и социальный, криминальный, экологический, финансовый и законодательный), предложены пути их снижения, разработана система управления риском в регионе, даны рекомендации по ведению процесса снижения инвестиционных рисков. В результате проведения диагностики инвестиционной привлекательности региональных социально-экономических систем СКФО выявлены основные факторы, формирующие инвестиционный климат и влияющие на инвестиционные риски, т.е. комплекс сформировавшихся финансовых, экономических, социальных, политических, правовых и культурных условий, которые отражают степень вероятных рисков вложения капитала, качество инфраструктуры и эффективность вложения капитала.</p> <p>Построена концептуальная модель управления региональными экономическими системами для обеспечения опережающего развития на основе открытых инноваций. Модель характеризуется направленностью на получение мультипликативного эффекта за счёт расширения партнёрских отношений и связей с различными инновационно-активными акторами внешней среды. Разработан информационный механизм управления реализацией представленной модели, предусматривающий объединение в виртуальном пространстве потенциальных участников интегрированных инновационных бизнес-структур на основе технологий интеллектуального управления. Прикладная значимость результатов связана с возможностью их использования при совершенствовании инфраструктурной поддержки инновационного предпринимательства в регионе.</p> <p style="text-align: center;">ИИПРУ КБНЦ РАН</p> <p>Разработаны методы и система нейросетевого прогнозирования событий с непрерывным обучением и несовершенством выбороч временных рядов, отличающиеся повышенной точностью, непрерывным учетом изменяющихся законов поведения наблюдаемых процессов, отсутствием прерывания обучения на время прогнозирования, правилами управления ассоциативным вызовом информации из памяти рекуррентных нейронных сетей, предназначенные для автономных интеллектуальных систем для прогнозирования потоков различных событий.</p> <p style="text-align: center;">СПИИРАН</p>

Получены оценки первого сопряженного времени вдоль геодезических в субримановой задаче на группе Картана. Эта субриманова задача дает фундаментальную локальную аппроксимацию управляемых систем с двумерным линейным управлением в пятимерном пространстве. Разработаны новые методы оценки сопряженного времени для левоинвариантных субримановых задач на группах Ли: метод функций сравнения, метод «разделяй и властвуй», гомотопическая инвариантность индекса второй вариации, проекция в субримановы задачи меньшей размерности. Доказано, что геодезические остаются локально оптимальными до первого времени Максвелла, соответствующего симметриям задачи.

Выполнено развитие математического аппарата методов оптимизации для случая, когда в задаче присутствует усреднение целевой функции и/или ограничений. Было показано, что многие задачи минимизации производства энтропии, возникающие в теории информации, необратимой термодинамике и микроэкономике, могут быть сведены к задачам усредненной оптимизации. Полученные результаты проиллюстрированы на примере цикла тепловой машины максимальной или заданной ненулевой мощности и процесса необратимого ресурсообмена. Получены оптимальные формы соответствующих циклов.

На основе использования модели процесса ректификации и аппарата оптимизационной термодинамики, разработан алгоритм, позволяющий выбрать энергетически-оптимальную структуру каскада колонн ректификации на начальном этапе проектирования. Процесс разделения многокомпонентных смесей с помощью колонн ректификации является одним из наиболее важных и наиболее энергозатратных процессов в химической технологии. Повышение его энергоэффективности возможно за счет «правильно» спроектированной системы автоматического управления и должным образом выбранной структуры системы.

Разработана математическая модель многопоточной системы теплообмена, предложен алгоритм выбора ее оптимальной структуры.

Многопоточный теплообмен – один из классических примеров необратимых технологических процессов, где важной является задача об оптимальной структуре системы теплообмена с многими потоками, минимизирующей общее производство энтропии в системе.

На основе аналога достаточных условий оптимальности Кротова получены достаточные условия относительного минимума для дискретно-непрерывных систем. Эти условия могут быть использованы как проверочные для предлагаемого режима управления,

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>так и для построения численных методов. Полученные результаты важны для оптимизации систем со сложной и переменной структурой.</p> <p>Рассмотрена кинематическая модель мобильного робота с прицепом, движущегося по плоскости без препятствий. Предложен метод приближенного решения задачи, опирающийся на недавние результаты в геометрической теории управления. Разработан ряд новых итерационных алгоритмов и программ, успешно решающих поставленную задачу в идеальном случае – при отсутствии ограничений. На основе этих алгоритмов предложен специализированный алгоритм перепарковки, решающий частный случай задачи, когда начальное и конечное положение робота совпадают, и учитывающий фазовое ограничение на угол поворота прицепа, возникающее в реальных системах. Работа алгоритмов и программ протестирована на двух натурных моделях колёсного робота с прицепом.</p> <p style="text-align: center;">ИПС РАН</p> <p>Выполнено моделирование процесса нагрева криогенной топливной мишени (КТМ) до тройной точки твёрдого водорода (H2) или дейтерия (D2) при различных условиях теплообмена. Дана расчётная оценка и проведена оптимизация времени жизни КТМ в экспериментальной вакуумной камере с тёплыми стенками. На основании проведённых исследований предложен концептуальный дизайн специализированной криогенной системы, нацеленный на минимизацию потенциальных рисков при функционировании системы.</p> <p>Предложен метод построения множества допустимых движений динамической системы, обладающей свойством дифференциальной плоскостности. Метод позволяет строить движения, реализуемые системой с учетом ограничений на управление. Также предложен метод построения динамической обратной связи, обеспечивающей реализацию заданной траектории динамической системы. Оба метода были реализованы для модели робототехнической системы с независимо управляемыми колесами.</p> <p>Предложен оригинальный подход к решению задачи навигации коллектива агента, основанный на комбинации алгоритмов индивидуального планирования (и перепланирования) и децентрализованного избегания столкновений на этапе выполнения плана. Были</p>

проведены работы по совершенствованию методов и программных средств построения моделей когнитивных процессов субъектов деятельности и их коалиций, а также представлены методы определения множества допустимых движений и построения управления в задаче следования по заданной траектории и предложен вычислительно эффективный алгоритм построения обратной связи в нелинейной сингулярно возмущенной задаче стабилизации с тремя группами движений.

ФИЦ ИУ РАН

Предложена формальная модель программы ПЛК в виде системы переходов гиперпроцессов, а также темпоральная логика cusc-LTL на основе логики LTL для формализации свойств ПЛК. Показана возможность сведения задачи верификации методом проверки моделей для требований, заданных в логике cusc-LTL , к задаче верификации требований, определённых в логике LTL .

Предложен метод дедуктивной верификации аннотированных Reflex -программ, который включает четыре шага:

- 1) аннотирование исходной Reflex -программы через задание условий запуска, ограничений на окружение и инвариантов цикла управления, 2) трансляцию аннотированной Reflex -программы в аннотированную Си программу, 3) генерацию условий корректности для результирующей Си программы,
- 4) доказательство порожденных условий корректности.

Предложена новая СЕ-модель комплексного нейрона конца линий, которая базируется на фильмах Габора, находящихся в противофазе и обеспечивает высокий отклик на конце линии при относительно низкой вычислительной сложности.

Предложен алгоритм траекторного управления движением мультиторторного аппарата в задаче отслеживания целевого положения. Создан программно-аппаратный комплекс системы автоматического управления полётом. Экспериментально подтверждена эффективность предложенного ранее метода планирования маршрута с использованием критических точек, обеспечивающего плавное изменение перегрузки на поворотах. Достигнутая точность позиционирования квадрокоптера относительно желаемой траектории при полётах в помещении составила $0,05-0,1$ м.

Для управления группой подвижных автономных объектов разработан программно-аппаратный комплекс, включающий математические алгоритмы формирования управляющих команд, которые обеспечивают движение по заданным траекториям, под-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>держание требуемого расположения объектов в группе и перестроение группы, методы обхода препятствий, оценивания и компенсации погрешности алгоритмов определения местоположения при автономном движении в заранее неизвестном окружении.</p> <p>Сделан выбор и обоснование физико-технических аспектов создания узлов Z-координаты и вспомогательной Y-координаты для базовой платформы, используемой при создании перспективного технологического оборудования для синтеза элементов фотоники.</p> <p>Рассмотрен процесс получения данных научными приборами солнечного телескопа, включающими спектральные блоки, механические модуляторы, видеокамеры, механизмы перемещения. Предложен альтернативный метод синхронизации, основанный на планировании требуемых процессов измерения состояний устройств в заданные (заранее определенные) моменты времени.</p> <p>Проведены натурные испытания модели устройства HTTP-фильтрации с пост-анализом запросов к интернет-контенту в рамках действующего сегмента сети института.</p> <p>Представлена разработка экспериментальной автоматизированной установки для производства трубчатых заготовок анода твёрдооксидных топливных элементов из гомогенизированной пасты методом экструзии.</p> <p>Разработан и апробирован в серии вычислительных экспериментов критерий останки счета при определении параметров начального возмущения в источнике цунами по записи части профиля волны в одной точке.</p> <p>В результате исследования, с проверкой на практике, возможностей оптимизации решений для макета отказоустойчивой доверенной детерминированной системы контроля и управления реального времени одноранговой архитектуры с виртуальными контроллерами, дополненной комплексом специализированных средств информационной безопасности, уточнены требования к организации и функциям системы, определены ранее не исследованные перспективные решения, архитектурные в том числе, для обеспечения информационной безопасности систем управления для критически важных инфраструктурных и промышленных объектов.</p> <p>Разработаны и исследованы алгоритмы отслеживания параметров съёмочной видеокамеры и объектов съёмки в задачах автоматической и полуавтоматической передачи дан-</p>

ных с помощью управляемых PTZ-видеокамер с функциями панорамирования (Panning), наклона (Tilt) и масштабирования (Zoom). В отличие от неподвижных стационарных видеокамер программно-управляемые PTZ-видеокамеры с расширенными функциональными возможностями управления и анализа информационного видеопотока обеспечивают создание высокоинформативного тематического видеоконтента для обучающихся и тренажёрных систем.

Разработан метод реконструкции 3D поверхности реальных объектов по стереозображениям с формированием иерархической воксельной структуры модели объекта в виде восьмеричного дерева и ее преобразованием в функциональное описание на основе функций возмущения. Основные достоинства метода: быстрый поиск описывающих функций, существенное уменьшение количества данных для задания поверхностей сложных объектов.

ИАиЭ СО РАН

Разработана технология расчета траекторий и построения 3D моделей объектов в динамической сцене по видеоинформации, фиксируемой автономным роботом, с использованием плотного множества 3D точек. Технология основана на применении точечного представления объектов сцены и визуального метода навигации. Предложены оригинальные методы и алгоритмы решения задач идентификации динамических объектов, расчета их траекторий и 3D реконструкции по стереозображениям. Получены оценки эффективности в вычислительных экспериментах с виртуальными сценами применительно к подводной робототехнике. Практическая значимость заключается в возможности применения технологии на автономных подводных роботах для повышения точности навигации и реконструкции обстановки.

ИАПУ ДВО РАН

Исследования в рамках одной темы проводились по 4 направлениям работ, получены следующие результаты:

Структура промышленного предприятия является определяющим фактором при построении комплексной системы защиты информации. В связи с этим разработанная модель позволяет охватить все структурные подразделения и объекты промышленного комплекса, осуществляющие работы с конфиденциальной информацией. Комплексный подход к решению проблемы защиты информации предусматривает ее решение на основе

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>единой концепции, представляющей собой совокупность научно обоснованных решений, необходимых и достаточных для оптимальной организации защиты информации.</p> <p>Инвариантный метод структурно-параметрического синтеза для решения задач многокритериальной Паретооптимизации объектов различной технологической природы. Обеспечение безопасных и эффективных этапов жизненного цикла на примере формирования технологических процессов в междисциплинарных (на стыке мехатроники и медицины) проектах.</p> <p>Разработана структура электронных схем и систем на базе программируемых коммутаторов. Предложены методы обеспечения надежности и живучести коммутаторных схем.</p> <p>Проведен сравнительный анализ классического и аппроксимационных методов спектрального анализа сигналов. Рассмотрены примеры использования аппроксимационных методов для решения практических задач вибродиагностики технических и биотехнических систем.</p> <p style="text-align: center;">ИКТИ РАН</p>
<p>37. Научные основы и применения информационных технологий в медицине</p>	<p>Обоснована и апробирована многоэтапная процедура идентификации нуклеотидов в процессе массового параллельного секвенирования с вычислением вероятности ошибки определения нуклеотидного основания, обеспечивающим сопоставление признаков с вероятностями ошибок в целевом наборе данных.</p> <p>Разработаны экспресс-методика неинвазивного оптического контроля кислородного обеспечения тканей человека на основе многоканального анализатора спектров и модуль обучения и распознавания образов медико-аналитической диагностической системы, создающий «цифровой образ» функционального состояния человека, отслеживающий его динамику и отклонение от нормы. Методика может быть использована при мониторинге процесса восстановления после перенесенных заболеваний (в т.ч. COVID-19).</p> <p>Разработан метод диагностики заболеваний по данным масспектрометрического анализа выдыхаемого воздуха.</p> <p style="text-align: center;">ИАП РАН</p>

В процессе работы проведен набор 50 пациентов с ишемической болезнью сердца. Все набранные пациенты обследованы в соответствии с намеченным планом. У части больных выявлено изменение миокарда ЛЖ (гипертрофия) вследствие болезни. Выявленные на ЭКГ покая нарушения ритма не являются патологией. Части больных выполнялась мультиспиральная компьютерная томография коронарных артерий, при наличии показаний (стеноз в КА более 50%, стенокардия выше 2 ФК на фоне оптимальной медикаментозной терапии) выполнялось чрескожное коронарное вмешательство.

Проведен анализ проб воздуха обследованных пациентов значимых различий между образцами воздуха не обнаружено, таким образом, сформирована усредненная спектрограмма выдыхаемого воздуха для пациента с ИБС, что в дальнейшем будет использоваться для сравнения с пробами воздуха, полученными от здоровых добровольцев, и пациентов с другой патологией сердечно-сосудистой системы.

ФНЦ НИИСИ РАН

Разработана факторная модель прогнозирования профессиональной работоспособности человека на основе интегральных индексов оценивания физиологических, психологических, сенсорных данных, обеспечивающая качественный показатель профессионального здоровья и оценку функционального состояния человека в условиях стресса или при патологии. Новизна модели заключается в применимости для широкого круга условий функционирования человека, прогнозирования состояний и возможности спор-тсменов в условиях длительного психоэмоционального стресса, для формирования программ реабилитации при заболеваниях и травмах нервной и двигательной систем.

СПИИРАН

Предложено направление развития медицинской помощи путем расширения ее модели (биопсихосоциальная модель) и за счет использования возможностей медицинских информационных технологий. Рассмотрены понятия континуума здоровья и континуума помощи. Выделены части континуума помощи, в которых практически отсутствует информатизация. Причиной такого отсутствия является то, что эти части континуума и соответствующие целевые аудитории не охвачены организационной моделью здравоохранения. Предложено направление развития медицинской помощи в привязке к возможностям средств информатизации.

Рассмотрены требования, которые предъявляет к средствам информатизации биопсихосоциальная (БПС) пациент-центрированная модель. Предложены подходы, которые обе-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>спечивают решение задач автоматизации в рамках БПС модели: архитектура экосистемы и пациент-центрированная онлайн платформа как цифровая инфраструктура взаимодействия потребителей и поставщиков медицинских услуг. Описаны принципы работы, функции и сервисы онлайн платформы. Результаты предназначены для разработчиков ПО МИС.</p> <p>Рассмотрены постановка и алгоритмы решения задачи о составлении расписания диагностических и лечебных мероприятий, назначаемых пациентам в медицинской информационной системе. Решена задача об оптимальном многодневном маршруте оказания лечебных процедур пациенту с учетом расписания работы врачей. Результаты могут быть применены для оптимизации использования ресурсов медицинской организации.</p> <p>Рассмотрены подходы к обеспечению безопасности лечения пациента (Patient Safety) в медицинской организации на примере оперативного лечения. Предложенный кейс основан на стандарте ICI PSG4 «Обеспечить безопасность хирургии» и включает в себя реализацию предоперационной верификации и тайм-аута средствами МИС. Предложен возможный интерфейс как цепочка взаимосвязанных чек-листов – «Зеленая волна безопасности пациента при оперативном лечении». Результаты способствуют повышению безопасности и качества медицинской помощи средствами ИТ.</p> <p>Обобщен многолетний опыт внедрения медицинских информационных систем (МИС) в медицинских организациях. Проанализирована трансформация представлений медицинского сообщества о процессе внедрения МИС и ее эффективности за период с 1994 по 2020 годы. Рассмотрены особенности внедрения МИС в крупных лечебно-профилактических объединениях. Отмечена необходимость реорганизации бизнес-процессов медицинской организации, включая клинические процессы. Результаты могут быть востребованы всеми специалистами, участвующими в автоматизации медицинских учреждений.</p> <p>Предложены подходы к решению задачи оптимального распределения операционных ресурсов (врачей, операционных помещений, времени и т.д.). Результаты полезны ответственным за оптимизацию и реинжиниринг бизнес-процессов ЛПУ, руководителям ИТ-служб, разработчикам программного обеспечения медицинских информационных систем.</p> <p style="text-align: right;">ИПС РАН</p>

Продолжен метод ультразвуковой визуализации, основанный на разложении регистрируемого пространственно-временного сигнала решетки в спектр плоских, импульсных волн.

НТЦ УП РАН

Построены и исследованы математические модели эпидемического процесса с учетом вероятностных механизмов распространения и при частичной иммунизации, позволяющие использовать их для изучения заболевания коронавирусом COVID-19.

Разработан комбинированный подход, на основе применения многомерного классификатора методов анализа риска, с целью решения различных задач анализа и прогнозирования пандемии COVID-19. Комбинированный подход дает возможность эффективно сопоставлять и верифицировать полученные результаты, например, выявлять общие биологические закономерности и социальные особенности управления пандемией COVID-19 в различных странах.

Проведены разработка и апробация алгоритмов sentiment-анализа биомедицинских текстов и метрического анализа сложных данных, примененных для разработки эффективных и безопасных методов профилактики COVID-19.

Создан экспериментальный вариант интеллектуальной системы ИС-РПЖ для дифференциальной диагностики рака поджелудочной железы у больных хроническим панкреатитом. Система создана в сотрудничестве со специалистами Московского клинического научного центра имени А.С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы. Создан экспериментальный вариант интеллектуальной системы JSM-ONCO для анализа данных о лечении больных с опухолью меланомы. Система создана в сотрудничестве со специалистами НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России. Совместно с ФГБНУ «Научный центр психического здоровья» (НЦПЗ) Минздрава РФ разработаны средства представления знаний для диагностики психиатрических расстройств, в частности, депрессии.

Предложена методика и реализована математическая модель численного исследования метода при распознавании дефектных объектов, применительно к оцениванию состояния здоровья систем организма человека по параметрам периферической крови. Изучены свойства впервые разработанного статистического классификатора, основанного на нелинейной регрессии и имеющего вероятностные оценки. Введены новые понятия, позволяющие проследить за динамикой качества распознавания объектов, представляющих собой заданную модификацию элементов обучающего множества.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Разработаны новые процедуры дифференциальной диагностики и прогнозирования заболеваний с использованием моделей и методов искусственного интеллекта. Показаны возможности визуального анализа движения и скопления стволовых клеток в определенных зонах при остром нарушении мозгового кровообращения. Промониторированы возможности медицинских гаджетов (Интернета вещей) в анализе динамики состояния организма человека в интеллектуальной системе здоровьесбережения. Показано место интеллектуальной поддержки врачебных решений при подборе лечения с учетом безопасности для конкретного пациента.</p> <p style="text-align: center;">ФИЦ ИУ РАН</p> <p>Отработаны подходы к лазерной биопечати методом прямого лазероиндуцированного переноса гидротелевых микрокапель в рамках технологии ЛИМС (лазерной инженерии микробных систем), направленные на оптимизацию процесса лазерного переноса клеток с точки зрения их выживаемости. Выполнена калибровка и отладка систем лазерной биопечати для решения ряда практических задач. Осуществлен подбор и анализ используемых поглощающих металлических покрытий, определены параметры оптимального донорного покрытия на основе титана, обладающего высокой адгезией к поверхности стеклянной пластины. Проведены оценки температуры в области, подвергшейся лазерному воздействию, достигающие температуры плавления металла. Показано что существенного нагрева биологического материала не наблюдается, вследствие теплоизоляции гелем толщиной несколько десятков мкм.</p> <p>Составлен и отработан алгоритм подбора параметров процесса поверхностно-селективного лазерного спекания для полимерных порошков различных фракций. Подготовлены трехмерные структуры из полимерных порошков различных фракций, проведена характеристизация и общий анализ строения трехмерных структур. Измерен угол смачивания для полимерного порошка, определен тип взаимодействия порошка с водой, выступающей в качестве сенсibilизатора нагрева. Проведено исследование процесса рассеяния лазерного излучения в полимерном порошке мелкой фракции, в том числе с нанесенной водой. Собрана оптическая схема для измерения долей рассеяния и поглощения света в</p>

полимерных порошках. Получены количественные соотношения процессов поглощения и рассеяния, происходящих в полимерных порошках. Отработана технология изготовления мелкосерийных партий образцов, пригодных для восстановления поврежденных мягких тканей.

Разработана новая фотополимеризуемая композиция на основе глицидилметакрилата гиалурановой кислоты (ГМГК) для трехмерной экструзионной (3D) печати гидрогелевых тканеинженерных конструкций. С помощью МГГ тестов, проточной цитометрии и сканирующей электронной микроскопии проведены сравнительные *in vivo* исследования биосовместимости полученных образцов с аналогичными матриксами из полилактоликолида (ПЛА). Противовоспалительные и проангеогенные свойства гидрогелевых матриксов *in vivo* оценивались на модели дорсальной кожной складки мышей с помощью прижизненной флуоресцентной микроскопии на протяжении 14 дней с последующим гистологическим и иммуногистохимическим анализом. Показано, что имплантированные ГМГК матриксы способствуют повышенной (по сравнению с ПЛА) васкуляризации и ускоренному прорастанию в них окружающих тканей *in vivo* при менее выраженной воспалительной реакции последних. Высокая биосовместимость и ангиогенный потенциал новых ГМГК матриксов позволяют рассматривать эти изделия в качестве перспективных кандидатов для их эффективного применения в регенеративной медицине.

Предложен, реализован и исследован процесс формирования многослойных биоактивных биорезорбируемых полимерных матричных структур за счет комбинирования использования технологий сверхкритической флюидной (СКФ) пластификации алифатических полиэфиров с их последующим вспениванием и электроспиннинга растворами полилактогликолида и коллагена I типа в гексафторпропаноле различных концентраций. Проведено комплексное исследование структурных, физико-химических, механических и биохимических свойств полученных гетерогенных матриксов, продемонстрировавшее их высокую цитосовместимость и возможность дальнейшего использования для решения широкого круга задач тканевой инженерии.

Разработаны методы управления распределением терапевтически значимых концен-траций фармацевтических субстанций, имеющих низкую (менее 10–5 моль/л) растворимость в сверхкритическом диоксиде углерода при температурах и давлениях варьируемых в диапазоне от 35 до 80°C и от 10,0 до 30,0 МПа, соответствующим, при их инкапсуляции в алифатические полиэфиры с использованием технологий СКФ пластификации с последующим вспениванием и PGSS (формирование частиц из насыщенных газами растворов). Контроль распределения биоактивных веществ на поверхности и в объеме

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>полимерных матриц и микрочастиц осуществлялся методами сканирующей электронной микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния с высоким (~1 мкм) пространственным разрешением. На примере антибиотиков широкого спектра действия – гентамицина и левофлоксацина, продемонстрировано устойчивое формирование кластерных распределений их концентраций в полиэфирных структурах в случае механического окриозмельчения и смешивания исходных компонентов. При этом показана высокая эффективность пространственной гомогенизации этих распределений за счет предварительного осаждения фармсубстанций из водных растворов на частицы исходных полилактогликолидов.</p> <p>Для создания наночастиц применялся комбинированный метод механического диспергирования с последующей фрагментацией с помощью лазерного разрушения или более тонкого размола в коллоидных мельницах. Наночастицы оксидных бронз после механической активации в шаровых мельницах имели средний размер ~200–300 нм и использовались для изменения оптических свойств биотканей. Получены также коллоидные растворы наночастиц оксидных бронз с размерами дисперсной фазы ~20 нм за счет более тонкого размола. Показано, что наночастицы K и Na титановых оксидных бронз K_xTiO_2 и Na_xTiO_2 в водных коллоидных растворах обладают магнитной чувствительностью, зависящей от способа приготовления. Удельная магнитная восприимчивость наночастиц измерялась по методу Гюи-Фарадея. Для разделения магнитных наночастиц использовалась магнитная ловушка. Численное моделирование движения магнитных наночастиц в ловушке, состоящей из 2-х кольцевых постоянных магнитов с противоположным направлением магнитных полюсов, показало, что время пролета наночастиц сильно зависит от градиента магнитного поля и размеров наночастиц, но слабо зависит от начальной скорости введения наночастиц в центр магнитной ловушки.</p> <p>Проведен сравнительный анализ структуры реберного хряща при различных механических нагрузках. В исследованиях получены значения функции контраста и коэффициента корреляции Пирсона для реберного хряща при изгибе на кольцах разного диаметра при непрерывном и импульсном лазерном нагреве, приводящем к образованию дополнительных поверхностных разделов. Показано, что при больших механических нагрузках, соответствующих меньшему радиусу кривизны образца, возникающие термиче-</p>

ские напряжения влияют на внутреннюю структуру сильнее, чем при большом радиусе кривизны. Проведены сравнительные исследования структуры хрящевой ткани человека в норме и патологии, соответствующей возрасту. Выявлены характерные особенности взаимодействия хрящевой ткани с лазерным излучением ИК-диапазона, свидетельствующие о большей прозрачности ткани в данной области спектра, меньшей подвижности ее структурных элементов при лазерном воздействии. Проведен анализ морфологии и состава хрящевых образцов, показывающий частичное замещение хрящевой структуры в возрастном реберном хряще плотными костными включениями. Сформулированы рекомендации по оптимизации лазерной лечебной технологии по изготовлению имплантатов из реберного хряща для случая хряща с возрастными изменениями и кальцинацией.

Исследованы особенности фоточувствительных индуцируемых лазерным излучением клеточных сигнальных сетей в условиях гипоксии и нормоксии. Проведено сравнение долгосрочной реакции на короткий лазерный сигнал модельных опухолей у крыс в стадии гипоксии и культивируемого в условиях нормоксимонослоя опухолевых клеток. Показана возможность вовлечения в лазерноиндуцируемые геномнотаболитические сигнальные сети эпителических процессов в результате транслокации эндотенного фоторецептора – цитоглобина в клеточное ядро. В отличие от монослоя опухолевых клеток, где после низкоинтенсивного лазерного воздействия наблюдается стимуляция клеток в фазе активного синтеза ДНК, лазерное облучение модельной опухоли, приводит к повышению эффективности химиотерапии за счет долгосрочного ангиогенного эффекта, обеспечивающего лазерную коррекцию гипоксии.

Для выделения информационной компоненты исходного автодинного сигнала в одно-модовых CO_2 лазерах с ВЧ накачкой активной среды проведено тестирование различных алгоритмов обработки исходного сигнала. Тестирование алгоритмов проводилось при формировании автодинных сигналов от вращающегося диска и от биомоделей *in vitro* в процессе из лазерного испарения. Установлено, оптимальным является алгоритм получения спектра мощности автодинного сигнала для участка на переднем или заднем фронте лазерного импульса (в зависимости от мощности излучения) после вычитания усредненного лазерного импульса. Оптимальным является усреднение по 10–35 лазерным импульсам в зависимости от параметров лазерно-го излучения. Способ выделения информационной компоненты исходного сигнала может быть использован при разработке программно-аппаратных средств для интеллектуальных лазерных хирургических систем.

Проведен расчет полуширин и сдвигов вращательных спектральных линий $12\text{C}16\text{O}$ уширенных аргонном на основе классической ударной теории Гордона. Классически точ-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>ные траекторные 3D расчеты СО-Аг бинарных столкновений выполнены на поверхности потенциальной энергии, разложенной по полиномам Лежандра. Коэффициенты уширения и сдвига 12C16O линий исследованы в широком температурном интервале ($T = 100\text{--}400\text{ K}$). Результаты классических расчетов находятся в хорошем согласии с различными экспериментальными данными. Для моделирования СО неудачного профиля, учитывающего конечность длительности столкновений, был использован профиль Бирнбаума. Прямой классический траекторный подход (вместо предложенного Бирнбаумом) был использован для расчета усредненного времени столкновений для отдельных значений линейной температуры. Полученные результаты могут быть использованы для наполнения различных баз спектроскопических данных.</p> <p>Изучена модификация спектров наночастиц кремния, синтезированных плазмоническим методом, при обработке импульсным лазерным излучением в среде сверхкритического диоксида углерода с добавками красителя, кислорода, озона и водорода. Показано, что в результате проведенного синтеза образуются устойчивые конъюгаты наночастиц кремния с молекулами красителя, обладающие фотолуминесценцией в окне прозрачности биологических тканей. Полученные наночастицы охарактеризованы методами спектроскопии, электронографии, ЭПР анализа.</p> <p>Проведено экспериментальное моделирование лазерной облитерации вен. Обнаружена асимметрия распространения тепла при лазерной облитерации варикозных вен, а также эффект генерации затопленной струи при поверхностном нагреве жидкости лазерным излучением. Показано, что энергия лазерного излучения преимущественно поглощается в этой струе.</p> <p>Были синтезированы гибридные наноконструкции. на основе апконвертирующих и магнитных наночастиц (НЧ), проявляющие как магнитные, так и люминесцентные свойства. Было показано, что наночастицы $\text{NaYF}_4:\text{Yb}_3^+, \text{Tm}_3^+/\text{NaYF}_4$, обладающие эффектом апконверсии, обычно используемые для биовизуализации, перспективны в качестве поглотителей света ближнего инфракрасного диапазона для фототермической терапии (ФТТ). Достижимая температура биоткани, маркированной НЧ, достаточно высока для проведения процедуры ФТТ из-за резонансного поглощения света ближнего ИК диапазона спектра ионами Yb_3^+. Была разработана математическая модель, описывающая нагрев биоткани на основе</p>

<p>уравнений теплового баланса, подтвержденная экспериментально полученными термографическими картами мыши при воздействии лазерного излучения с длиной волны 975 нм. Было обнаружено, что биоткани с включенными апконвертирующими НЧ нагреваются на 2 °С сильнее по сравнению с области не содержащими НЧ, и что важно, при интенсивности лазерного излучения ниже 1 Вт/см², что попадает в диапазон разрешенных к применению интенсивностей лазерного излучения для данного диапазона длин волн. Клеточный ответ на гипертермию, инициированную апконвертирующими наночастицами, при субкритических температурах (ниже 42 °С) был продемонстрирован путем измерения экспрессии белка теплового шока. Эти экспериментальные факты указывают на то, что сечение поглощения ионов Yb^{3+} в апконвертирующих НЧ относительно велико, а микроскопическая температура наночастиц превышает интегральную температуру биоткани. Таким образом, новый подход, основанный на использовании апконвертирующих НЧ без каких-либо адъювантных поглотителей света ближнего ИК диапазона спектра, глубоко проникающего в биоткани, может использоваться для визуализации и ФТТ.</p>	<p>ИФТ РАН</p> <p>1. Были разработаны алгоритмы вычисления корректно округленного значения экспоненты для плавающих чисел двойной точности. Для округления могут использоваться все предусмотренные стандартом IEEE754 режимы округления. Так как для малых значений аргумента требуется очень высокая точность вычислений, для этих значений аргумента были разработаны специальные алгоритмы. Их реализации в виде функций на языке C, оказались более чем на порядок быстрее реализаций ранее известных алгоритмов. Первый алгоритм может быть использован для аргументов x, таких что $x < 2^{-(36)}$, второй – для аргументов x таких, что $[(-2)]^{-(28)} < x < 2^{-(27)}$. Второй алгоритм может использоваться на большем множестве аргументов, но немного более сложен, чем первый.</p> <p>2. Разработана технология отладки многопроцессорных параллельных систем, функционирующих в реальном масштабе времени. Разработана программа визуализации и обработки геоинформационных данных, представленных в растровом формате.</p> <p>ФНЦ НИИСИ РАН</p> <p>Разработаны методология и информационно-аналитическая платформа проактивного управления жизненным циклом сложных систем на основе использования киберфизических систем, обеспечивающих процессы управления с постоянно актуализируемой</p>
<p>38. Проблемы создания глобальных и интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей, развитие технологий и стандартов GRID</p>	

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>и обрабатываемой информацией, и интеллектуальных интерфейсов с элементами визуального программирования, позволяющих различным категориям пользователей на профессиональном языке осуществлять адаптивное взаимодействие с платформой в ходе проактивного управления жизненным циклом сложной системы. Унифицированность и многофункциональность информационно-аналитической платформы позволяет создавать широкий спектр специализированных информационных систем, в том числе, разработать и внедрить единый виртуальный электронный паспорт изделий ракетно-космической техники, содержащий согласованную и корректную информацию об их состоянии однозначно воспринимаемую пользователями на всех этапах жизненного цикла и организовано серийное производство уникальных мобильных киберфизических сервисных систем с радиочастотной идентификацией оборудования.</p> <p style="text-align: center;">СПИИРАН</p> <p>Разработан (находится в стадии отладки) вычислительный модуль с двумя интерфейсами GigabitEthernet, предназначенный для построения отказоустойчивых, энергоэффективных, горизонтально масштабируемых децентрализованных систем хранения данных. Модуль обеспечивает создание недорогих систем хранения данных, для которых распределенность и высокая доступность являются принципиальными требованиями безопасности, даже если требования к общей производительности системы не столь высоки.</p> <p>Выполнено моделирование схемных решений резервированного модуля питания, обеспечивающего сохранение данных, буферизованных в оперативной памяти узла системы хранения, при отказах электропитания, даже если накопитель HDD в момент отказа электропитания находился в состоянии сна. Предназначен для систем «холодного хранения», в которой по умолчанию HDD находится в спящем состоянии, а запись на них данных из оперативной памяти происходит с некоторой периодичностью. Обеспечивает высокую энергоэффективность хранения распределенных сенсорных данных.</p> <p>Разработаны принципы реализации распределенной, отказоустойчивой, горизонтально масштабируемой программной системы хранения сенсорных данных с использованием инфраструктуры распределенного программирования <code>gik_core</code>. Реализованы программные модули и накоплены данные для тестирования системы хранения потоком</p>

реальных сенсорных данных, позволяющие варьировать тестовую нагрузку заданием коэффициента ускорения времени.

ИПС РАН

Обоснованы научно-методические подходы к предоставлению облачных сервисов высокопроизводительных вычислений научным коллективам, выполняющими междисциплинарные научные исследования в различных областях науки и техники: 1) разработаны методы интеграции научных сервисов цифровой платформы с использованием системного интерфейса; 2) предложены подходы к управлению распределением ресурсов высокопроизводительных вычислительных комплексов для выполнения широкого спектра расчетов, показана необходимость формирования индивидуальной среды моделирования для решения прикладных научных задач, приведены алгоритмы управления ресурсами высокопроизводительных вычислительных комплексов и формирования индивидуальной среды моделирования; 3) исследованы особенности применения межпроцессного взаимодействия в среде виртуализации, связанные с построением единого связанного пространства контейнеров, взаимодействующих по высокопроизводительной вычислительной сети; разработаны подходы и алгоритмы развертывания и выполнения параллельных процессов в гибридном высокопроизводительном вычислительном комплексе; исследованы вопросы функционирования систем управления вычислительным процессом при предоставлении облачных услуг типа «платформа как сервис» с использованием технологий виртуализации; 4) показана эффективность организации научных исследований с использованием инфраструктуры Центров коллективного пользования (ЦКП); предложены методы расчета частных и обобщенных показателей эффективности ЦКП, а также общий методический подход к оценке его эффективности.

Получены фундаментально-прикладные результаты в области синтеза оптимального управления по актуальному состоянию робототехнических систем в сложных средах со статическими и динамическими ограничениями. Разработан подход на основе многоточной стабилизации относительно некоторых оптимально расположенных точек в пространстве состояний, который позволяет за счет численного синтеза системы стабилизации увеличить надежность работы системы даже при наличии помех или неточностей модели. Разработан алгоритм, позволяющий использовать ресурсы параллельной обработки информации в локальной навигации скоростных мобильных (воздушных и наземных) роботов.

ФИЦ ИУ РАН

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Исследована производительность компиляторов и системных библиотек на перспективных гибридных вычислительных платформах с архитектурой IBM POWER и Intel Xeon. Рассмотрена пропускная способность подсистем памяти, проведено сопоставление технологий параллельного программирования, изучены режимы работы и эффективность использования технологии одновременной многопоточности. По результатам проведенных численных экспериментов даны рекомендации по использованию оборудования подобного уровня для решения актуальных научно-технических задач.</p> <p>Разработан алгоритм обнаружения и классификации термальных аномалий на изображениях вулканов, полученных в ночное время суток в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. Проведено его тестирование на данных архива видеонаблюдения за вулканом Камчатка. Полученные результаты позволяют говорить о возможности применения созданного решения в задачах оперативного мониторинга вулканической активности на Дальнем Востоке России.</p> <p>Рассмотрены алгоритмы анализа фотоснимков для оценки видимости вулканов и поиска ярких аномалий. Разработаны программные средства, предоставляющие набор инструментов для фильтрации и экспертной оценки изображений с целью поиска возможных признаков активности вулкана. Полученные результаты могут быть использованы в работе систем мониторинга вулканической активности для обеспечения безопасности авиации и защиты населения.</p> <p>Описаны процедуры обработки спутниковых данных в решении сельскохозяйственных задач с использованием информации Российских метеорологических спутников. Приведено краткое описание процедур кросс-калибровки приборов МСУ-МР («Метеор-М» №2) и МСУ-ГС («Электро-Л» №2) и атмосферной коррекции для прибора МСУ-МР (ХФИЦ – ВЦ ДВО РАН совместно с Научно-исследовательским центром космической гидрометеорологии «Планета» (Хабаровск).</p> <p>Исследованы технологии предоставления пользователям высокопроизводительных вычислительных комплексов вычислительных ресурсов в формате облачного сервиса. Проведена классификация программных систем пользователей, архитектура системы управления вычислительным процессом, алгоритмы ее функционирования. Предложено на архитектура и алгоритмы системы организации вычислительного процесса, которые</p>

позволяют одновременно выполнять задачи, требующие различного программного обеспечения и технологий. Разработанные технологии могут использоваться в прикладных исследованиях.

Разработаны алгоритмы управления сервисориентированными процессами детерминированных научных сервисов в гибридных вычислительных средах для использования в цифровых платформах для научных исследований.

ХФИЦ – ВЦ ДВО РАН совместно с ФИЦ «Информатика и управление» РАН (Москва)

Дан краткий обзор этапов развития Единой сети геодинамических наблюдений ДВО РАН, основных результатов сейсмологических и GPS/ГЛОНАСС-наблюдений, полученных в рамках целевой комплексной программы научных исследований ДВО РАН «Современная геодинамика, активные геоструктуры и природные опасности Дальнего Востока России (2009–2013 гг.)» и проектов ДВО РАН 2014, 2018, 2019 гг., а также достигнутых позиций ДВО РАН в области геодинамики.

ХФИЦ – ВЦ ДВО РАН совместно с ИТиГ ДВО РАН им. Ю. А. Косыгина (Хабаровск), ИПМ ДВО РАН (Владивосток) и др.

Разработаны средства создания масштабируемых приложений и их выполнения в среде, которая может включать ресурсы гридсистем, суперкомпьютерных центров и облачных платформ. В отличие от известных инструментариев, они базируются на применении инженерии знаний, непрерывной интеграции системного и прикладного ПО, конфигурирования ресурсов и мультиагентного управления. Ускорение вычислений, обеспечение их надежности и масштабируемости, а также повышение эффективности использования ресурсов при решении больших задач достигаются путем смягчения неопределенностей, возникающих при распределении вычислительной нагрузки, за счет извлечения знаний о времени выполнения приложений на ресурсах, классификации заданий, использования знаний о соответствии ресурсов классам заданий, а также сведений, получаемых в процессе разработки, доставки, развертывания и тестирования ПО. Практическая значимость разработанных средств показана при создании среды поддержки принятия решений в процессе моделирования Единой системы газоснабжения России с учетом отказов ее элементов.

Эффективность группы мобильных роботов во многом определяется ее способностью оперативно реагировать на возникающие изменения. Информирование всех чле-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>нов группы об изменениях, способных повлиять на успех миссии, является нетривиальной задачей для больших мобильных группировок, особенно в условиях ограниченной коммуникации, когда обмен данными может осуществляться только между физически близкими роботами. Исследована задача поиска такого маршрута движения для робота, обладающего важной информацией, который обеспечил бы наискорейшее оповещение распределенной группы роботов, функционирующей в заданном регионе. Предложена оригинальная постановка задачи, объединяющая в себе черты мультиагентных сетевых моделей и задач групповой маршрутизации. Ключевой особенностью постановки является тот факт, что каждый робот, получивший обновленные данные, также прекращает выполнение своих текущих целей и присоединяется к задаче группового оповещения. Для решения задачи предлагается ряд конструктивных эвристик для построения начальных маршрутов и процедура локального поиска для их дальнейшего улучшения. Получены результаты сравнительного анализа эвристик, разработаны алгоритмы для генерации ре-алистичного набора тестовых задач.</p> <p>Для общей задачи математической оптимизации, где целевая функция и ограничения заданы d.c. функциями (т.е. представимыми в виде разности выпуклых функций) на основе условий глобальной оптимальности (УГО), разработаны новые специальные методы локального поиска, а также Схема (Стратегия) Глобального поиска. При этом важнейшее преимущество Схемы заключается в возможности использования для решения выпуклых линеаризованных задач, порожденных УГО, современных и классических методов выпуклой оптимизации, которые применяются «внутри» (на каждой итерации) методов локального поиска. Вся методология выглядит как матрешка: самая большая – Схема Глобального поиска; внутри – семейство методов локального поиска; и самые маленькие матрешки (для решения выпуклых задач) – классические методы оптимизации. Как следствие, для решения невыпуклых прикладных задач открываются возможности применения современных пакетов прикладных программ. Разработанная Схема может применяться для поиска именно глобальных решений в сложных практических задачах экономики, управления, энергетики, военного планирования, технического проектирования, искусственного интеллекта и машинного обучения и т.д., и т.п.</p>

Разработана информационная технология создания интеллектуальных систем, а именно продукционных экспертных систем, переопределяющая и специализирующая принципы модельно-управляемого подхода, в частности: модели, метамодел, схемы моделирования и трансформаций.

Научная новизна технологии обусловлена: включением в процесс разработки, переопределением и активным использованием вычислительно-независимой модели в форме онтологии; использованием авторских языков и нотаций: проблемно-ориентированного декларативного языка описания модельных трансформаций (TMRL); визуальной проблемно-ориентированной нотации для моделирования знаний в виде логических правил (RVML); оригинальным алгоритмическим и программным обеспечением, реализующим предлагаемый подход. Технология направлена на решение проблем повышения эффективности и качества (технологичности) разработки компонентов проблемно-ориентированных систем искусственного интеллекта (включая базы знаний и экспертные системы). Технология апробирована при решении прикладных задач в области надежности и безопасности технических систем.

ИДСТУ СО РАН

На примере наукометрических показателей российских организаций за 2000–2018 гг. проведено аналитическое сопоставление фракционного счета, используемого в методике КБПР, с целочисленным. Показано, что со временем корреляция между фракционным и целочисленным счётом падает с 0,98 в 2002 г. до 0,8 в 2017 г.

Это приводит к существенным изменениям в рейтинговании и категорировании этих организаций при использовании разных методов. Наибольшие различия фиксируются в группе ведущих университетов – участников Проекта 5-100, умеренные – среди научных организаций, а наименьшие – среди других вузов. Вероятными причинами являются: увеличение доли исследований в коллаборациях, «наукометрическое давление» в рамках государственной научной политики и недобросовестные публикационные практики.

Хотя расхождения наблюдаются во всех областях наук, анализ методики КБПР выявил, что бенефициарами от её введения оказываются институты химического профиля и материаловедения, которые чаще публикуются в высокорейтинговых журналах и имеют небольшие коллаборации. В зону «проигрыша» попали организации, ведущие исследования в области физики высоких энергий и университеты экономического профиля.

Разработана комплексная сервис-ориентированная модель эффективной организации библиотечных процессов и поддержки научных коммуникаций в веб-среде, в основе:

Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>1) веб- и мобильные технологии; 2) сервисы систем автоматизации библиотечных процессов (на примере Единого центра автоматизации библиотечно-информационных процессов СО РАН); 3) стратегии развития библиотечных веб-ресурсов (каталогов, БД), включающих разнородную информацию (текст, видео, аудио, данные и др.) и виртуальных услуг (справочно-библиографических, библиотечных и др.); 4) система оценки их эффективности с помощью инструментов веб-аналитики и качественных методов, практик юзабилити тестирования, методов организации и управления веб-представительскими. Выработаны рекомендации по повышению эффективности деятельности библиотек в веб-пространстве.</p> <p>Методика анализа научного направления как услуга научной библиотеки применена для тематик «рецептор-зависимый сигнальный путь регуляции апоптоза», «Семипалатинский ядерный полигон», «научные социальные сети», «палеопочвоведение», «проблемы загрязнения почв и подземных вод нефтью и нефтепродуктами». По последней теме, например, анализ массива документов (13 708), выбранных из БД Web of Science за 1975–2019 гг., показал его положительную динамику с середины 1990-х гг. и особенно активный рост в последнее время. Выявлены страны, организации и авторы, лидирующие по количеству публикаций; проанализированы периодические и серийные издания с высокой публикационной активностью и наиболее цитируемые работы. Визуализация этого направления с помощью программы CiteSpace показала, что основными направлениями исследований являются: биотрансформация; биодеградация нефти и нефтепродуктов в исследуемых средах; биоремедиация этих сред. Актуальный тренд – исследование влияния нетрадиционных методов добычи нефти на почвы и подземные воды. Каждый случай анализа – самостоятельное многоаспектное наукометрическое исследование, представляющее интерес для узких специалистов.</p>
39. Архитектура, системные решения, программное обеспечение, стандартизация и информационная безопасность информационно-вычис-	<p>ГПНТБ СО РАН</p> <p>Разработаны методы и информационная технология мониторинга социальных сетей и защиты их пользователей от несанкционированно устанавливаемого программного обеспечения и сетевых атак, отличающиеся способностью выработки мер противодействия с учетом анализа «цифровых следов» пользователей, параметров их защищенности, со-</p>

лительных комплексов и сетей новых поколений, системное программирование безопасности информационно-вычислительных комплексов и сетей новых поколений, системное программирование

циально-значимого поведения и оценки интенсивности их вовлеченности в информационные потоки. Внедрение технологий актуально для построения единого ситуационного центра мониторинга социальных сетей, позволяющего сократить затраты организаций, связанных предотвращением последствий соционженерных инцидентов и ориентированного на решение задач противодействия техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, что особенно актуально в период распространения эпидемий.

СПИИРАН

Разработаны методы обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), которые в совокупности дают ускорение вычислений при обработке данных ДЗЗ более, чем в 10 раз по сравнению с неоптимизированными методами обработки этих данных. Экспериментальное исследование в части ускорения вычислений в задачах распознавания объектов и зон интереса в различных вычислительных системах подтвердило корректность предложенных подходов. В задаче выделения зон интереса с использованием предложенной упрощенной обобщенной метрики получены следующие результаты: при обработке шести снимков ДЗЗ общего вида на одном ядре процессора Intel Core i5-4670 ускорение в 352 раза; при обработке двух снимков ДЗЗ с пожарами на одном ядре процессора Intel Core i5-4670 ускорение в 393 раза; при обработке шести снимков ДЗЗ общего вида на одном ядре ARMv7 rev.1 ускорение в 405 раз.

Разработан пакетный протокол передачи данных между ПЛИС, использующий 6 портов ввода/вывода и обеспечивающий скорость передачи до 10 МБ/с (суммарно в обе стороны) при частоте 20 МГц. Реализованный протокол удовлетворяет всем требованиям, выдвинутых вычислительной системой на базе ПЛИС, отличаясь от широко используемых решений поддержкой пакетной передачи данных. Протокол полностью реализован на языке VHDL и используется в разработанной вычислительной системе. Возможен перенос разработанного протокола с повышением частоты на другие системы на базе ПЛИС или в специализированные микросхемы.

Разработана методика восстановления хода вычислений в гетерогенной вычислительной среде в случаях изменения состава вычислителей, а также модифицирован генетический алгоритм построения расписаний на основе статистических данных. Научная новизна предложенных решений заключается в использовании математического аппарата т-исчислений и конечных автоматов, использовании механизма транзакций для обработ-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>ки ситуаций удаления существующих и добавления новых вычислительных устройств, а также в наличии этапа улучшения предлагаемых решений (расписаний) за счет процесса мутации вариантов решений и этапа проверки предлагаемых решений на выполнимость. Значимость результата определяется тем, что он может быть использован для создания прототипа вычислительной системы, реализующей потоковую модель вычислений с динамически формируемым контекстом, в том числе в случае динамически формируемого состава вычислителей.</p> <p>Построен экспериментальный образец принципиально нового вычислителя, позволяющего производить вычисления с практически неограниченной, контролируемой гарантированной точностью. При этом вычисления производятся параллельно, так что скорость вычисления практически не зависит от точности. Вычислитель имеет оптимизированную под него систему охлаждения. В ходе экспериментальных исследований получена производимость 10,49 Гигафлопс на ватт затраченной энергии, что соответствует топовым показателям из международного списка «Green-500».</p> <p style="text-align: center;">ИПС РАН</p> <p>Предложены эффективные схемотехнические решения для локальных синхронных и самосинхронных подсистем в рамках GALA-систем (глобально асинхронных систем с произвольной локальной синхронизацией). Предложен преобразователь унарного сигнала в парафазный сигнал с меньшими аппаратными затратами и более высоким быстродействием, чем известные технические решения в случае использования в GALA-системе локальной синхронной подсистемы. Предложены схемотехнические и топологические решения, реализация которых позволит поднять уровень сбоеустойчивости самосинхронных подсистем до абсолютной иммунности по отношению к кратковременным логическим сбоям.</p> <p>Разработан и апробирован в виде макетного образца на отладочной плате нового поколения NAN Pilot Platform с ПЛИС Intel Agria10 SoC многоядерный сигнальный процессор. Гибридная многоядерная архитектура рекуррентного сигнального процессора (ГМАРСП) состоит из ведущего фон-неймановского процессора на управляющем уровне</p>

и потокового процессора с четырьмя вычислительными ядрами на операционном уровне. Вычислительные ядра объединены капсульным распределителем, обеспечивающим разветвление алгоритмической капсулы в параллельно-последовательный поток команд, и работают с 32-разрядными данными. Апробация VHDL-модели модифицированной ГМАРСП на типовом приложении цифровой обработки данных – распознавателе изолированных слов, – показала ее высокую эффективность при работе в режиме реального времени.

Выполнены исследования и разработки: когнитивных методов, средств моделирования и оптимизации на основе вейвлет разложений и канонических разложений, ориентированные на новые архитектуры средств вычислительной техники; методического обеспечения оценивания и управления высокочастотными скачкообразными процессами в условиях неполной информации; методов классификации данных применительно к задачам медицинской диагностики; архитектур и нейронных сетей для построения среднесрочных прогнозов; методов обработки изображений с использованием нейронных сетей; методов решения задач повышения эффективности функционирования современных инфотелекоммуникационных и вычислительных комплексов. Создано методическое обеспечение, проведены эксперименты на рабочей станции «Эльбрус 801-РС».

Разработаны комплексы математических методов, алгоритмов и программ выявления аномалий в информационных процессах распределенных информационно-вычислительных систем в части информационной безопасности. Рассмотрена возможность экономического предотвращения массового вывода из строя слабозащищенных мобильных устройств поддержки цифровой экономики. Предложены методы организации адекватной защиты на основе доступных и дешевых средств.

В рамках решения задачи «деперсонализации» данных при информационном обмене предложены алгоритм деперсонализации и математическая модель состава информации цифровых данных. Рассмотренное решение задачи подходит для решения следующих проблем практической организации информационного обмена данными в цифровой экономике: 1) Организация обмена данными между внутренними пользователями системы и внешними по отношению к ней пользователями и ИС. 2) Подтверждение неизменности данных при обмене. 3) Контроль процесса информационного обмена, отслеживание полной цепочки изменений данных.

В парадигме нечёткого экстрактора построен метод внедрения криптографического ключа в биометрию радужной оболочки глаза. Успешно внедряется ключ размером до 65

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>бит. Использование дополнительных шагов псевдослучайного перемешивания и мажоритарного битового кодирования позволило решить проблемы большой изменчивости и локальной коррелированности биометрических признаков. Метод протестирован на нескольких базах изображений радужной оболочки глаза.</p> <p>ФИЦ ИУ РАН</p>
<p>40. Элементная база микроэлектроники, нанoeлектроники и квантовых компьютеров, материалы для микро- и нанoeлектроники, нано- и микросистемная техника, твердотельная электроника</p>	<p>Методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МПЭ) были синтезированы InGaAs нитевидные нанокристаллы (ННК) с содержанием InAs ~50% при низкой температуре на кремнии. Структуры на основе InGaAs ННК могут добавить в архитектуру приложений недоступимые ранее функциональные возможности и интеграцию с кремниевой электронной платформой. Разработанная технология низкотемпературного МПЭ роста ННК может быть использована для контроля состава и других тройных III – V соединений.</p> <p>Предложена новая методика характеризации сверхмногопериодных AlB5-структур с квантовыми ямами, состоящая из согласованного применения метода глубокой рентгеновской рефлектометрии и известного метода высокоразрешающей рентгеновской рефлектометрии. Методика позволила исследовать 100-периодные структуры с 2-нм ширинами барьеров и 10-нм ширинами GaAs ям и с высокой точностью определить толщины слоев и размытость интерфейсов. Методика может быть использована при получении перестраиваемых источников ТГц излучения.</p> <p>ИАП РАН</p> <p>Произведена разработка архитектуры, системных решений и методов для создания микропроцессорных ядер и коммуникационных средств семейства систем на кристалле двойного назначения</p> <p>Установлены зависимости скоростей травления SiO₂, селективности травления по отношению к фоторезисту, температуры электронов, плотностей ионных потоков, суммарных концентраций положительных ионов, концентраций электронов, отрицательных смещений на подложкодержателе, плотностей потока энергии ионов, плотностей потока атомов галогенов, эффективных вероятностей взаимодействия атомов галогенов, выходов</p>

травления в плазме смесей $\text{CF}_4 + \text{Ar}$, $\text{Cl}_2 + \text{Ar}$, $\text{HBr} + \text{Ar}$ (для травления Si), в плазме смесей $\text{Cl}_2 + \text{O}_2$, $\text{HBr} + \text{O}_2$ (для травления Si и SiO_2) и в плазме смеси $\text{C}_4\text{F}_8 + \text{Ar} + \text{O}_2$ (для травления SiO_2) от процентного содержания компонента газовой смеси в плазме. Объяснены общие причины характерного поведения данных зависимостей от начального состава смесей.

Исследованы особенности импульсных помех в КМОП комбинационных логических элементах при сборе заряда с треков одиночных частиц;

Получены результаты моделирования устойчивости КМОП элементов к помехам при воздействии одиночных частиц с использованием TCAD;

Исследованы особенности образования помех при переключении КМОП элемента и воздействии ионизирующей частицы;

Проведено сравнение методов повышения боеустойчивости топологии блоков целочисленного умножения/деления в проектных нормах 65нм;

Составлен обзор методик моделирования воздействия ТЗЧ на ИС в маршруте проектирования

«Исследование и построение моделей и конструкций элементов микроэлектроники в расширенном диапазоне температур (-60С–300С)»

1. Технология формирования высоковольтных LDMOS транзисторов, совместимая с технологией изготовления низковольтных КМОП БИС на подложках КНИ.

2. Тестовый кристалл, содержащий различные варианты LDMOS транзисторов для проведения экстракции параметров SPICE моделей в расширенном диапазоне температур. Высоковольтные LDMOS транзисторы и сборки на их основе с суммарным током более 1А и напряжением $V_{bg} > 42\text{В}$ и 54В для n- и p-канальных транзисторов соответственно. Результаты измерений характеристик высоковольтных транзисторов в диапазоне $T = -60...+300\text{С}$, показывающие, что температурный коэффициент изменения порогового напряжения TKV_{th} для LDMOS транзисторов составил 2,1–2,2 мВ/°С, что сопоставимо с процессом X110 фирмы X-FAB. Параметры компактных моделей КНИ МОП-транзисторов BSIMSOI и HISIMSOI на основе измерений тестовых структур транзисторов в расширенном диапазоне температур и анализ пригодности данных моделей для моделирования характеристик в данном диапазоне температур. Результаты радиационных испытаний высоковольтных LDMOS транзисторов, подтвердившие их работоспособность в диапазоне накопленной дозы до 600 кРад.

3. Фотошаблон, позволивший разместить все необходимые масочные слои тестовых структур для исследования многоуровневой вольфрамовой металлизации на одностекле. Теплоэлектрическая модель частичнообедненного КНИ МОП транзистора,

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>учитывающая эффект самонагрева, показывающая что с повышением окружающей температуры влияние механизма самонагрева на BAX транзистора последовательно снижается</p> <p style="text-align: center;">ФНЦ НИИСИ РАН</p> <p>С помощью оптической литографии сформированы массивы металлических нанодисков на поверхности планарных фотодетекторов на основе квантовых точек Ge/Si, выращенных на подложках кремний-на-изоляторе. Обнаружено многократное усиление фототока, связанного с межзонными оптическими переходами в квантовых точках, в диапазоне телекоммуникационных длин волн. Проведенный теоретический анализ распределения компонент ближнего поля и измерения спектров пропускания показали, что увеличение квантовой эффективности в области $\approx 1,6$ мкм связано с возбуждением локализованного поверхностного плазмонного резонанса на границе раздела металл/Si, а усиление фототока в диапазоне 1,2–1,3 мкм обусловлено генерацией смешанных плазмонно-волноводных мод в слое КНИ.</p> <p>Выбор аллюминиевых нанодисков, не требующих адгезионных слоев, позволяет повысить эффективность фотоприемников примерно в 40 раз при $\lambda=1,2$ мкм и в 15 раз при $\lambda=1,65$ мкм. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования наночастиц Al в качестве недорогого плазмонного материала с потенциальными применениями в инфракрасных плазмонных фотодетекторах, аналогично благородным металлам.</p> <p>На основе разработанных многоканальных сенсоров проведены исследования по индикации вирусоподобных частиц коронавируса. Результаты исследований свидетельствуют о перспективности применения разработанных сенсоров в качестве инструментальной платформы для диагностических задач по индикации патогенов вирусной и бактериальной формы в реальном масштабе времени и для исследовательских задач, в частности, при отработке лекарственных средств и вакцин, что чрезвычайно важно в экстренных ситуациях (условиях эпидемии, пандемии и т.п.).</p> <p>Изучен механизм транспорта заряда мемристора в высокоомном, низкоомном и промежуточных состояниях мемристоров на основе SiOx. Экспериментальные BAX</p>

мемристора в начальном, высокоомном, промежуточном и низкоомном состояниях количественно описываются моделью тока, ограниченного пространственным зарядом. На основе моделирования с помощью модели ТОПЗ было оценено эффективное значение радиуса средней площади поперечного сечения филамента $r = 230$ нм в начальном состоянии и определено, что, когда мемристор переключается в разные состояния, радиус этого эффективного филамента в мемристоре изменяется с 1230 нм в начальном состоянии до 2,3 нм в высокоомном состоянии.

Впервые продемонстрированы сегнетоэлектрические свойства диэлектрических нанослоев NAO ($\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 10:1$), нанесенных до бондинга на подложки кремния или сапфира атомно-слоевым осаждением (ALD) и прошедших полный цикл создания структур кремния-на-изоляторе (КНИ) и кремния-на-сапфире (КНС). Высокоразрешающей электронной и атомно-силовой микроскопией (ВРЭМ и АСМ) показано различие в ориентациях доменов в КНИ и КНС структурах, обусловленное формированием нрядов с моноклинной фазой P21/c двух орторомбических фаз $\text{Pmm}21$ и $\text{Pca}21$. В результате получены термостабильные структуры кремний-на-сегнетоэлектрике, совместимые с промышленной кремниевой КМОП-технологией. На основе этих структур разработаны двухзатворные сегнетоэлектрические транзисторы с окном памяти 1,2–1,3 В и построены компактные модели работы нейроморфных матриц.

Экспериментально показано, что электростатическое возбуждение наномеханических резонаторов на основе гетероструктур AlGaAs/GaAs имеет особенности, не описывающиеся в рамках существующих моделей. В частности, резонансная частота, изменяясь при приложении постоянного затворного напряжения из-за эффекта электростатического размягчения, имеет максимум при напряжении, существенно отличающемся от нулевого. При этом амплитуда колебаний не обращается в ноль во всём диапазоне напряжений. Продемонстрировано, что приложение напряжения к боковым затворам может приводить к возбуждению колебаний не только за счет емкостного взаимодействия затвора и резонатора, но и за счёт присутствия связанных зарядов, таких, как ионизованные доноры и поверхностные состояния. Обнаруженные особенности показывают, что наномеханические резонаторы на основе полупроводниковых гетероструктур могут использоваться в качестве чувствительных зарядовых сенсоров.

ИФП СО РАН

Разработан комбинированный датчик давления и приближения, имеющий матричную структуру и предназначенный для осуществления манипуляторов роботов и испол-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>нительных механизмов киберфизических систем, отличающийся возможностью масштабирования разработанных схемотехнических и конструктивных решений для создания различных конфигураций устройств, обеспечивающий надежный и безопасный захват объектов антропоморфным робототехническим схватом.</p> <p>Разработаны новые структуры алгебр для создания постквантовых криптографических протоколов и алгоритмов, решения актуальной проблемы обеспечения постквантовой стойкости электронной цифровой подписи (ЭЦП) в преддверии появления мощных квантовых вычислителей. Полученные результаты по параметрам длины ЭЦП и скорости преобразования, имеют значительное (в разы) преимущество по сравнению с протоколами, одобренными в качестве предложенный стандарта ЭЦП Национального института стандартов США (NIST).</p> <p style="text-align: center;">СПИИРАН</p> <p>Разработан метод синтеза фторидных нанокристаллов, легированных редкоземельными элементами, с контролем их размеров и фазового состояния <i>in situ</i> по интенсивности фотolumинесценции в апконверсии (вблизи 520 и 655 нм) при накачке ИК светом с длиной волны 980 нм. Метод позволяет формировать наночастицы, находящиеся как в кубической кристаллической фазе (альфа-фаза), так и в гексагональной фазе (бета-фаза). Создана установка синтеза фторидных нанокристаллов (нанопосфоров) при давлении до 12 атмосфер. Синтезирован ряд новых нанопосфоров, обладающих повышенным квантовым выходом как в ап-, так и в даун – конверсии. Созданы новые наноконфигурационные полимерные материалы (фторсодержащая полимерная матрица с внедренными в нее нанопосфорами), изготовлены интегрально-оптические волноводы с использованием этих материалов. Проведенные исследования показали возможность создания ряда активных устройств интегральной оптики, в частности, компактных волноводных усилителей для телекоммуникационного C – диапазона длин волн 1530–1565 нм, а также волноводных лазеров с распределенной обратной связью для высокоскоростных дата- и телекоммуникаций.</p> <p>С использованием метода сверхвысокого давления синтезированы новые (не описанные ранее) аморфные перфторированные полимеры. Исследованы оптические свойства</p>

этих полимеров. Показано, что синтезированные полимеры обладают высокой оптической прозрачностью в телекоммуникационном диапазоне длин волн вблизи 1,5 мкм, способны к пленкообразованию и могут быть использованы для создания высокоскоростных оптических межсоединений, а также различных устройств интегральной оптики. Методом аддитивных технологий сформированы оптические волноводы из этих полимерных материалов.

Получены новые результаты в области лазерно-индуцированного жидкостного травления (Laser-Induced Backside Wet Etching-LIBWE) сверхтвердых материалов, в частности, сапфиров и алмазов. Предложена модификация метода LIBWE, когда в качестве поглощающей среды используется раствор с плазмонным поглощением. Эта модификация обеспечивает, по сравнению с другими вариантами LIBWE-технологий, рекордные скорости травления, достигающие не-скольких микрон за импульс при плотностях энергии менее 12 Дж/см².

Экспериментально продемонстрировано, что в процессе термоплазмонного LIB WE не только происходит микрообработка образца, но и модификация его поверхностного слоя с формированием плазмонной среды, в том числе образование различных типов гибридных плазмонных наночастиц и наноагрегатов.

ИФТ РАН

С целью разработки эталонных критериев (benchmark testing) оценки производительности, качества и надежности квантовых вычислительных систем и их структурных компонентов сформулирована универсальная методология оценки качества методов томографии квантовых состояний на основе численного эксперимента и набора эталонных критериев. Разработанная методология применена к трём методам квантовой томографии (корневому подходу, сжатым измерениям и адаптивной томографии), характеризующимся эффективной работой с почти чистыми состояниями, что актуально для современного уровня развития технологической базы эксперимента.

Разработан метод прецизионной оценки сверхпроводниковых квантовых операций с гарантированной точностью, основанный на фидуциальном распределении точности. Метод апробирован на экспериментальных данных, полученных с реального сверхпроводникового двухкубитового квантового процессора. Предложен метод прецизионной квантовой томографии, позволяющий с высокой точностью отслеживать эволюцию многоуровневых квантовых систем в гильбертовых пространствах различных размерностей.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>В совокупности с обеспечением контроля квантовой системы посредством её слабого возмущения, разработанные алгоритмы контроля эволюции состояния квантовой системы могут быть сверхэффективными, обеспечивая более высокую точность измерений, чем любые стандартные протоколы QOVM. Результаты исследования имеют важное значение для разработки оптимальных адаптивных методов управления квантовыми состояниями и операциями.</p> <p>Разработаны методы представления булевых функций в системах квантовой обработки информации, которые позволяют строить квантовые аналоги булевых функций с многобитовой областью определения и многобитовым множеством значений. Разработан алгоритм составления квантовой схемы по булевой функции в виде полинома Жегалкина. Все методы обобщены на случай многозначных логик (используются k-значные функции, где k – простое число). Данная разработка имеет существенное значение для перехода от классической машинной логики к квантовым компьютерам.</p> <p>С целью разработки методов и алгоритмов прецизионных квантовых измерений в условиях фазовых квантовых шумов и хроматической аберрации квантовых преобразований выполнен теоретический описания действия групп волновых пластин на поляризационные состояния монохроматического света, как одно-, так и многомодового. Это позволило построить модель нечетких квантовых измерений, устраняющую систематические ошибки, вызванные дефазировкой света внутри волновых пластин. Показано, что такая модель способна давать высокоточные и статистически адекватные результаты квантовой томографии даже для волновых пластин высокого порядка.</p> <p>Разработаны методы и алгоритмы контроля оптических квантовых интегральных схем на основе предположения о линейности производимых ими квантовых операций. Разработан метод реконструкции линейно-оптического квантового процесса посредством зондирования его входными состояниями с тепловой статистикой фотонов и анализа распределения статистики фотонов в выходных модах.</p> <p>Предложена спектроскопическая схема измерения состояния зарядового кубита на полупроводниковой одноэлектронной двойной квантовой точке, взаимодействующей с фотонной молекулой из трех оптических микрорезонаторов. Проведен анализ возможно-</p>

сти контроля спектра фотонной молекулы с помощью локального изменения ее диэлектрических свойств. Рассчитаны функции измерительного контраста и отношения сигнала к шуму в зависимости от основных параметров системы. Показано, что данное отношение может достигать значений 15000–20000 для определенных комбинаций параметров.

Предложена схема измерения электронной заселенности полупроводниковой квантовой точки, встроенной в многомодовый оптический волновод. Исследовано влияние параметров волновода и квантовой точки, а также источника фотонов, на процедуру детектирования электрона. Показано, что даже при умеренной добротности мод (104–105) измерительный контраст и отношение сигнала к шуму имеют высокие значения (более 104).

Рассмотрена схема однофотонного транзистора, образованного массивом полупроводниковых одноэлектронных квантовых точек в оптической структуре. Получено приближенное аналитическое выражение для функции отклика транзистора с произвольным числом квантовых точек.

Исследована возможность механической настройки оптического спектра многослойного GaAs брэгговского микрорезонатора с дефектными слоями подвижным полупроводниковым зеркалом.

Изучены оптические свойства фотонной молекулы (ФМ), состоящей из трех алмазных микродисковых микрорезонаторов (МР). Проведено моделирование спин-фотонной динамики NV-центров, находящихся в ФМ.

Предложено использовать квантовые блуждания тождественных частиц в наноструктурах, составленных из туннельно-связанных узлов, для непосредственного проведения элементарных операций квантовой обработки информации.

Предложена конструкция ансамблевого кубита на основе двойных квантовых точек с кулоновским взаимодействием между ними, обеспечивающая уменьшение ошибок в состояниях кубита, вызванных процессами декогерентизации и технологического разброса параметров, на несколько порядков величины.

С целью разработки принципов машинного обучения в задачах томографии квантовых состояний и процессов выполнено исследование эффективности применения методов машинного обучения к задаче восстановления квантовых состояний и процессов. Разработанный подход успешно апробирован на модельных данных и на данных, полученных с облачного процессора IBM.

Разработана модель квантовой динамики тождественных частиц в наноструктурах сложной топологии. Получена система дифференциальных уравнений, описывающих динамику матрицы плотности носителей заряда в условиях их перемещения в условиях открытой си-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>стемы, что вызывает непрерывную потерю когерентности частиц, исходно находившихся в чистом квантовом состоянии. Доказано, что при низких уровнях скорости потери когерентности вполне возможно использовать квантовую динамику фермионов в наноструктурах, составленных из туннельно-связанных квантовых точек, для осуществления одно- и двух-кубитовых квантовых унитарных операций, необходимых для формирования полного универсального набора элементарных квантовых операций будущих квантовых информационных процессоров. Проведённые расчёты показывают возможность проведения квантовых операций с использованием квантовой эволюции пространственных состояний электронов в наноструктурах с кремниевыми квантовыми точками.</p> <p>Рассмотрена концепция и разработана основа аппарата нового математического объекта – пятен, адекватная концепции вторичных образов в психологии и соответствующая представлению о размытых геометрических фигурах. Разрабатываемый математический аппарат перспективен для применения в области искусственного интеллекта. Его можно использовать для представления и обработки знаний, для моделирования обучения, рассуждения и обработки естественного языка в искусственном интеллекте (ИИ). Он может стать основой для моделирования гранулярных вычислений. На базе модели пятен предложена архитектура построения нейронных сетей нового типа, а также варианты ее воплощения на аппаратном уровне для создания нейроморфных систем на элементной базе мемристоров и FeFET. Предлагаемая концепция представляется важной как в теоретическом аспекте (раздел Qualitative Mathematics), так и для применения во многих областях ИИ.</p> <p>Для развития новой элементной базы вычислительных архитектур в парадигме “In Memory Computing” исследована возможность создания пластин кремний-на-диэлектрике со сверхтонким скрытым ферроэлектрическим слоем с высокой диэлектрической проницаемостью (UTBOX) путем ALD композитных слоев $\text{HfO}_2\text{-Al}$, $\text{HfO}_2\text{-Zr}$ на сапфировые и кремниевые подложки с последующим переносом монокристаллического приборного слоя кремния на их поверхность бондингом по технологии DeleCut и термообработки. В структуре кремний на сегнетоэлектрике (SOF) обнаружена чрезвычайно высокая термическая стабильность сегнетоэлектрической фазы ромбического Pca21 оксида гафния до температуры 1100°C. Подтвержден сегнетоэлектрический гистерезис в псевдо-MOSFET</p>

конфигурации. Структуры кремний – ферроэлектрический BOX – кремний (SFS) на основе оксида гафния с включениями оксида алюминия также демонстрируют повышенную термическую стабильность во время быстрых термических отжигов при температуре до 900°C, что делает их полностью совместимыми с текущей технологией КМОП и открывает перспективы создания оптоэлектронных и нейроморфных интегральных схем с проектными нормами до 22 нм на основе планарных транзисторов с двойным затвором DG FeFET, где активным ферроэлектриком является UTBOX.

С целью создания наноструктур ячеек мемристоров на основе слоев оксидов переходных металлов экспериментально исследовано влияние плазменно-иммерсионной имплантации ионов инертных газов в активные области оксидных мемристоров. Показано, что с помощью ионной имплантации аргона можно добиться существенного повышения доли приборов не требующих электроформовки. Разработана модель механизмов роста проводящих нитей в активной области оксидных мемристоров.

В рамках исследования памяти на основе электроформованных структур металл-SiO₂-металл разработана методика и выполнены экспериментальные исследования влияния давления кислорода над поверхностью изолирующей щели электрически перепрограммируемой памяти на основе мемристорной открытой «сэндвич»-структуры TiN-TiO₂-SiO₂-W в режиме ограничения тока во время действия импульса переключения из низко- в высокопроводящее состояние.

В рамках отработки технологии формирования слоев магнитной памяти экспериментально обнаружено формирование регулярных массивов нанопроволок с высоким аспектным отношением в процессе роста тонких пленок Co при углах падения более 80° на кремниевую подложку в условиях электронно-лучевого испарения. Показано, что получаемые пленки обладают магнитной анизотропией, направленной под углом к подложке, ориентированной вдоль длины нанопроволок.

В рамках отработки концепции памяти на мемристорном эффекте методом низкочастотного плазмохимического осаждения кремния и германия получены структуры пленок кремния с расположенными внутри слоями германия разной толщины. При отжиге структур «наногерманий в кремнии» обнаружена кристаллизация толстых слоев германия и отсутствие кристаллизации в многослойных наноструктурах. Откалиброван метод комбинационного рассеяния света для диагностики германиевых слоев.

Представлен метод формирования КНИ структуры со скрытым силикатным слоем, полученным путем отжига в диапазоне 1050 ÷ 1075°C в течение 5–7 минут при атомном соотношении имплантированных кислорода и бора 8,5:1.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Разработаны модели электромиграционных процессов возникновения и развития механических напряжений и деформаций в объеме и на поверхности микропроводников с последующим образованием и ростом микроразрывов, приводящих к отказу соединений. Показана и проанализирована возможность изменения энергии активации электромиграции с помощью введения неравновесных точечных дефектов (вакансий, атомарных примесей) в объемы соединенных материалов; такое воздействие может заметно влиять на скорость электромиграции вдоль интерфейса. Получены и исследованы условия, при которых имеет место изменение энергии активации с ростом концентрации дефектов; найдена их зависимость от температуры.</p> <p>Развита теория, математические модели и соответствующие вычислительные схемы двухкомпонентной электромиграции в твердотельном проводнике с примесью замещения (сплав типа твердого раствора замещения). Полученные результаты позволили теоретически обосновать и количественно сформулировать практически важные направления по исследованию возможности увеличения долговечности работы (времени до отказа) проводящих элементов микро- и нанoeлектронных устройств с помощью изменения дефектности материалов, образующих эти элементы.</p> <p>Разработан способ изготовления туннельного многозатворного полевого нанотранзистора с контактами Шоттки. При изготовлении транзистора отсутствуют высокотемпературные операции легирования, вызывающие образование дефектов в структуре. Конструкция позволяет уменьшать общий размер транзистора, а не только его критический размер (длину канала), что приводит к увеличению рабочей частоты и снижению рабочего напряжения (энерговыделения).</p> <p>Разработана модель детектора терагерцового излучения на основе периодической структуры с легированными нанонитями, которая удовлетворительно описывает экспериментальные измерения и указывает на возможности улучшения параметров детектора.</p> <p>Разработаны модели и рассмотрены плазменные колебания в структурах на основе графена с целью генерации терагерцового излучения. Показано, что надежды на высокодобротные плазменные колебания, обусловленные исключительно высокой подвижностью носителей в графене, устраняются аномально высокой частотой рассеяния.</p>

Предложены способы преодоления этих затруднений, в частности, за счет возбуждения поляритонных колебаний.

Произведены электромагнитные расчеты, а также дизайн и оптимизация спиральной антенны, работающей в терагерцовом диапазоне волн, возбуждаемой с помощью щелевой структуры пролетных диодов и расположенной на поверхности оптической линзы из кремния. Оптимизация согласования входного импеданса антенны и щели с импедансом структуры пролетных диодов теоретически позволяет получить предельный к.п.д. 20% и мощность излучения диодной структуры до ~ 1 мВт.

Для отработки концепции трековой памяти исследованы процессы перемещения поперечной доменной стенки в магнитном нанопроводе из пермаллоя под влиянием внешнего магнитного поля. Обнаружено, что в очень узких нанопроводах, шириной 30 нм и меньше происходят периодические перевороты доменной стенки, сопровождаемые изменением киральности поля намагничивания, обусловленные прецессией магнитного момента во внешнем поле. Данный эффект накладывает ограничения на возможность уменьшения ширины нанопровода, используемого для создания трековой памяти.

Для нанoeлектронных применений разработан, создан и исследован многоячейстый источник пучков быстрых нейтральных частиц (БНЧ) со 100% нейтрализацией пучков ионов инертных газов и химически активных соединений, обеспечивающий неравномерность пучка не более 5% на диаметре 120 мм. Принцип работы источника позволяет значительно увеличить это значение.

Проведены исследования по выбору конструкции источника плотной плазмы низкого давления для технологических применений наноэлектроники с учетом требований по однородности плазменных параметров. В качестве базовой предложена конструкция с плоской спиральной антенной, размещенной в вакуумной камере источника и отделенной от основного объема кварцевой перегородкой. Разработана эскизная документация на основные узлы источника плазмы.

С целью создания элементов памяти на основе полупроводниковых структур изучено влияние кварцевого окна на температуру кремниевой пластины в условиях комбинированного теплообмена в ламповой камере для быстрой термообработки. Показано, что температурная бистабильность в кремниевой пластине инициирует индуцированную бистабильность в кварцевом окне, которая не проявляет бистабильного поведения из-за линейной температурной зависимости ее полных оптических характеристик.

Выполнены исследования кристаллического совершенства и элементного состава легированных галлием термомиграционных слоев кремния для элементной базы высо-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ковольтной и высокооточковой твердотельной электроники. Сформированы толстые термомиграционные слои кремния, легированные галлием, проведена характеристика их структурного совершенства и состава. Установлено, что формируемые слои являются монокристаллическими и не содержат на границе с кремниевой подложкой дислокации несоответствия. Доказано, что величину концентрации галлия в слоях можно менять в диапазоне $(1,6-4,8) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$, который в 2-3 шире, чем при термомиграции алюминия в кремнии.</p> <p>Получены угловые зависимости состава поверхностного слоя и коэффициента распыления кремния при облучении поверхности фокусированным пучком ионов галлия с энергией 30 кэВ.</p> <p>Изучены варианты роста металлооксидных многослойных гетероструктур на подложках с отклонением от малоиндексной кристаллографической плоскости (МИКП) в диапазоне 5-25°.</p> <p>В рамках разработки основ альтернативных технологий формирования систем металлизации УБИС с топологическими нормами менее 14 нм исследованы пленки из пористого органосиликатного стекла с ультранизкой диэлектрической проницаемостью, полученные с использованием смеси тетраэтоксисилана (TEOS) и метилтриэтоксисилана (MTEOS) и поверхностно-активного вещества Brij® 30. Показано, что для решения некорректной задачи определения размеров пор требуется применение методов стабилизации экспериментальных зависимостей и регуляризации решения. Проведено исследование процессов плазмохимического травления пористых диэлектриков с ультранизкой диэлектрической проницаемостью в плазме $\text{C}_2\text{F}_4/\text{Br}_2$ при пониженных давлениях. Установлено снижение степени деградации пленок диэлектриков при травлении по сравнению с другими фторуглеродными (CF_4) и фторборуглеродными (CF_3Br) газами. Исследованы процессы плазмохимического травления кобальта. Показано, что в плазме BCl_3/Ar возможно проведение плазмохимического травления кобальта при температуре около 60°C. Исследованы механизмы роста рутения, оксида рутения и нитридов тантала и титана в процессах плазмостимулированного атомно-слоевого осаждения. Разработаны основы формирования барьерных слоев для систем межсоединений интегральных схем.</p>

С целью формирования наноструктур ЭКБ нанoeлектроники исследованы многостадийные процессы атомно-слоевого осаждения и зависимость механизмов зародышеобразования пленок металлического рутения и оксида рутения в зависимости от материала нижележащего слоя (Si, SiO₂, TaN, TiN). Показана связь задержки нуклеации с морфологией и шероховатостью получаемых пленок.

В рамках исследования процессов высокоэнергетической электронно-лучевой литографии с помощью моделирования получены распределение актов упругого и неупругого рассеяния в слое электронного резиста ПММА, осаждаемой энергии и центров деполимеризации. Исследованы процессы диффузии мономера и растекания ПММА в процессе экспонирования при повышенной температуре. Показано, что процессы диффузии мономера и растекания ПММА определяют профиль канавок, полученных методом сухого электронно-лучевого травления резиста.

С целью создания перспективных интегральных FeFET транзисторов проведены исследования плазмостимулированного атомно-слоевого осаждения соединений вида Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂ и Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂:Al, перспективных для создания FeFET транзисторов. Исследованы подходы к созданию соединений переменного состава и легирования их оксидом алюминия. Проведены исследования оптических свойств пленок. Исследованы фазовые превращения таких сложных оксидов при термических отжигах, показано образование орторомбической фазы. Исследованы явления гистерезиса тока стока транзистора при изменении напряжения на затворе. Показано, что шероховатость пленок не превышает 0,3 нм. Проведены измерения пьезоэлектрического отклика пленок в зависимости от режимов термического отжига.

В рамках разработки технологий МЭМС и НЭМС найдены зависимости параметров кристаллической текстуры и доли кристаллической фазы от толщины для исходных пленок и пленок Pt с толщиной 20–80 нм, подвергнутых отжигу. Для нахождения доли кристаллической фазы в текстурированных пленках предложена оригинальная методика, основанная на анализе кривых качания. Показано изменение морфологии поверхности текстурированных пленок Pt толщиной 100 нм при ионно-плазменной обработке в плазме Ar с энергией ионов 25–200 эВ.

С целью повышения эффективности термоэлектрических элементов исследованы процессы обработки поверхности пленок сульфида индия в плазме аргона. Результаты исследований могут найти применение при разработке различных датчиков на основе сульфида индия. Представлен новый подход к формированию наноструктур на поверхно-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>сти эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Sn_xTe$ ($0 \leq x \leq 1$) в плазме Ar. Предложен механизм самоформирования конусных наноструктур различной формы. Полученные наноструктуры могут быть использованы в качестве топологических изоляторов в оптоэлектронике.</p> <p>С целью разработки элементов памяти на магнитных вихрях экспериментально и теоретически исследован магнитооптический отклик металлизированной поверхности наноструктурированного селенида свинца с искривленной поверхностью. Экспериментально обнаружены на петлях гистерезиса магнитооптического экваториального эффекта Керра характерные особенности, присущие наличию вихревых магнитных структур в исследуемой системе. Изучены закономерности эволюции формы петель гистерезиса магнитооптического экваториального эффекта Керра в зависимости от характерных размеров наноструктур и угла падения лазерного луча.</p> <p>Предложен новый, модифицированный вариант известного метода волочения (DRAG method), используемого в молекулярной статике для нахождения пути минимальной энергии для структурной перестройки в многоатомной системе. Определены траектории перехода для зарождения линейных дефектов разного вида в гетероэпитаксиальной структуре $Ge/Si(001)$. Показано, что наиболее энергетически выгодный сценарий структурной релаксации соответствует зарождению 90°-дислокации путем слияния двух 60°-ых.</p> <p>С целью разработки технологических основ изготовления тонкопленочных твердотельных источников тока для интегрирования с МЭМС устройствами и ИС обработанных экспериментально исследована динамика полусферического пузыря, образующегося на границе раздела твердого тела – жидкость в электрохимическом процессе. Разработана лабораторная технология изготовления полностью твердотельных тонкопленочных 3D литий-ионных аккумуляторов (ТТЛИА) электрохимической системы $LiCoO_2 - LiPON - Si@O@Al$. Зарядные и разрядные характеристики экспериментального образца ТТЛИА показали, что они соответствуют мировому уровню.</p> <p>Показано, что при одновременном ионно-плазменном распылении Al, Ti и SiO_2 в плазме Ar на поверхности диэлектрика в результате переосаждения атомов металла на поверхности SiO_2 образуются наноструктурные металлические образования. Эффект может быть использован для направленной модификации поверхности слоя SiO_2 при формировании чувствительных элементов датчиков МЭМС.</p>

Определены резонансные характеристики и электросопротивление микроблоков из Al, Al–1%Si и Al–1,5%Ti с целью использования этих материалов для изготовления МЭМС-переключателей. Показано, что четырехслойная пленка Al/Si обладает наилучшими ком-плексными показателями по электросопротивлению и добротности. Методом конечных элементов рассчитаны характеристики конструкции МЭМС-переключателя емкостного типа с электростатическим управлением и металлическим электродом, продемонстрировавшего отношение емкостей во включенном и выключенном состояниях 7400 и напряжения срабатывания в диапазоне 7,5–58,0 В.

Разработана методика определения числа графеновых слоев в нанографите – продукте электрохимической эксфолиации графитовой фольги. Установлены продукты окисления нанографита. Методика применима для анализа 2D материалов, используемых для разработки элементов памяти.

В рамках разработки технологии электрохимического формирования наноразмерных структур на основе ферромагнетиков в матрице анодированного оксида алюминия для использования в качестве сред высокочлотной магнитной записи информации исследованы особенности электронно-зондовых энергодисперсионных спектров нескольких порошковых материалов. Установлено, что основным фактором, влияющим на результаты количественного анализа, является эффект разности поглощения. Для описания особенностей ослабления интенсивности рентгеновских фотонов в порошках предложена и опробована теоретическая модель поглощения, которая может быть включена в программное обеспечение аппаратуры для электронно-зондового анализа в качестве дополнительного блока коррекции при расчете элементного состава порошковых материалов.

Разработан теоретический формализм для количественного описания рентгеновской дифракции в условиях полного внешнего отражения на легньюровских монослоях. Результирующий алгоритм дает возможность проводить численное моделирование экспериментальных двумерных карт дифракционного рассеяния и надежно определять структурные параметры исследуемых слоев.

Выполнены структурные исследования нанокмпозигов NiCo/C, включающие наночастицы сплава NiCo, синтезированных методом ИК-пирилиза металлоорганических прекурсоров, полученных из совместных растворов полиакрилонитрила, гексагидратов хлоридов никеля и кобальта в диметилформамиде в диапазоне температур 600–800 °С (20 масс. % Me).

С целью диагностики магнитных наноматериалов разработана физико-математическая модель для анализа мессбаэровских спектров соединений семейства лангаситов со

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>спиральной магнитной структурой нанометрового размера. Показано, что мессбауэровские спектры демонстрируют высокую информативность и чувствительность к деталям магнитной структуры даже в случае поликристаллических образцов и при отсутствии внешнего магнитного поля. Кроме того, они позволяют следить за динамикой магнитной структуры во всем температурном диапазоне ниже точки Неэля. Проведено обсуждение результатов экспериментальных и теоретических исследований магнитных наночастиц методом мессбауэровской спектроскопии, выполненных в течение последнего полувека, а также механизмов формирования магнитной сверхтонкой структуры спектров в рамках моделей магнитной динамики наночастиц разной магнитной природы. Разработан подход к изучению внутриклеточного движения с наносекундным временным разрешением, основанный на мессбауэровском исследовании магнитных наночастиц, внедренных в клетки. Изучена возможность применения магнитных наночастиц в качестве зондов для исследований свойств цитоплазмы «in vitro». Методом матричного синтеза на основе гальванического заполнения пор трековых мембран получены нанопроволоки (НП) из сплавов FeNi и FeCo. Изучено изменение элементного состава НП при изменении состава электролита и при изменении потенциала осаждения.</p> <p style="text-align: center;">ФТИАН</p>
41. Опто-, радио- и акустозлектро-ника, оптическая и СВЧ-связь, лазерные технологии	<p>В условиях сверхвысокого вакуума зафиксировано оптическое излучение из локального контакта металл-вакуум-металл, обусловленное неупругим каналом туннелирования. С помощью метода туннельной микроскопии и спектроскопии экспериментально продемонстрирована возможность непрямого детектирования оптического излучения из области локального туннельного контакта.</p> <p>Реализовано высокочувствительное лазерное зондирование и развиты алгоритмы обработки слабых поляризационных откликов магнитных наножидкостей на основе магнетита в керосине. Развиваемые подходы и методы количественного поляризационно-оптического анализа и статистического анализа полученных данных формируют базис лазерной поляризационно-оптической нанодиагностики (количественной характеристики) магнитных наножидкостей.</p> <p style="text-align: right;">ИАП РАН</p>

Создан прототип белого трехволнового (трехцветного) импульсного (10 нс) источника на основе оптического квантового генератора с параметрическим преобразователем оптических частот в красный (634 нм), зеленый (532 нм) и синий (451 нм) спектральные диапазоны. Такой источник света имитирует белый свет при сохранении всех преимуществ лазерного источника (малая расходимость, высокий спектральный контраст, короткая длительность без механических элементов).

Разработка защищена патентом и может использоваться в колориметрии и задачах, связанных с цветовым восприятием и отображением.

Впервые решена задача дистанционного измерения пространственного распределения коэффициента теплового излучения тела, нагретого излучением лазера с использованием акустооптического фильтра.

Разработан метод исследования динамики плавления металлов и определения температуры плавления под действием излучения мощного лазера. Метод основан на возможности изучения динамик спеклов с использование акустооптического фильтра.

Впервые разработано отечественное оборудование и программно-методическое обеспечение, позволяющие по серии изображений эмбриона или личинки аквариумной рыбки Danio rerio, полученных in vivo с помощью микроскопа на просвет, в реальном времени визуализировать карту кровеносных сосудов, вычислять параметры сердечной деятельности (частоту сердечных сокращений, скорость кровотока в различных сосудах. Эти данные могут быть использованы для неинвазивного анализа структуры сосудов, исследования динамики протекания различных заболеваний и воздействия различных факторов (температуры, радиации, вирусов и пр.) на функционирование сердечно-сосудистой системы.

Предложен и реализован метод локализации предметов, находящихся на проводящей поверхности за линией горизонта с помощью поверхностных электромагнитных волн терагерцового (ТГц) диапазона.

Обнаружена возможность расщепления пучка поверхностных плазмон-поляритонов (ППП) ТГц диапазона и регулирования интенсивности вторичных пучков ППП с помощью светоделительной пластинки.

Разработана конструкция и изготовлен действующий макет интерферометра Майкельсона, в котором носителем информации являются поверхностные плазмон-поляритоны ТГц диапазона.

Разработана аналитическая модель абсорбционной фурье-спектрометрии ТГц диапазона для исследования объектов субволновой толщины с помощью поверхностных плазмон-поляритонов.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Предложен способ визуализации неоднородностей плоской полупроводниковой поверхности в ТГц излучении.</p> <p>Показано, что метод ghost imaging способен увеличить латеральное разрешение в микроскопии поверхностного плазмонного резонанса. Предложена оптическая схема плазмон-поляритонного микроскопа, реализующая метод ФИ.</p> <p>Численным моделированием показано, что классический способ реализации метода фантомных изображений с псевдотепловым источником перспективен для применения в ТГц диапазоне. Псевдотепловой источник представляет собой статистический набор случайных интерференционных картин (спекл-структур), имеющих распределение амплитудных значений светового поля схожее с тепловым источником.</p> <p>Разработан трехканальный вариант многозондового фурье-спектрометра. Исследованы его возможности по одновременной регистрации нескольких объектов или одного объекта в разных спектральных диапазонах. Реализована возможность исследования как стационарных, так и динамических спектральных объектов, при условии обработки больших объемов информации (Вагин В.А., Хорохорин А.И. Система регистрации интерферограмм в двухзондовом (двухканальном) фурье-спектрометре.</p> <p>Исследованы характеристики акустооптического фильтра на основе гексана для ТГц излучения (Никитин П.А. Трёхмерное моделирование работы акустооптического фильтра ТГц излучения на основе гексана.</p> <p>Определены оптимальные условия для эффективной акустооптической модуляции ТГц излучения в сжиженном элегазе.</p> <p>Предложен способ управления поляризацией ТГц излучения путём пропускания его через созданную ультразвуком стоячую волну из взвешенных в прозрачной жидкости углеродных нано трубок.</p> <p style="text-align: center;">НТЦ УП РАН</p> <p>Синтезированы новые (не описанные ранее) аморфные электрооптические полимеры с нелинейно – оптическими хромофорами в боковой цепи. Для синтеза полимеров использовался метод высокого давления (6–7 тыс. атм.), который позволяет проводить реак-</p>

ции радикальной полимеризации мономеров без использования инициаторов. Этот метод дает возможность получать электрооптические полимеры с повышенной молекулярной массой и улучшенными нелинейными свойствами. Особенностью созданных полимеров является то, что они имеют высокую степень фторирования (более 50%) и, как следствие, обладают повышенной оптической прозрачностью в телекоммуникационных диапазонах длин волн вблизи 0,85, 1,3 и 1,55 мкм. Высокая степень фторирования достигнута за счет того, что не только основная полимерная цепь (макромолекула – polytetrafluoroethylene), но и ковалентно присоединенные к ней хромофоры содержат атомы фтора.

Исследованы свойства синтезированных электрооптических полимеров. Показано, что с использованием технологии прямого лазерного рисования можно формировать оптические волноводы в электрооптических полимерах. Метод является одностадийным и не требует использования жидкостного или плазменного химического травления, что делает его конкурентоспособным в производстве.

Проведенные исследования важны для создания новых нелинейных и электрооптических полимерных материалов, а также активных интегрально – оптических устройств на их основе, например, сверхвысокоскоростных (>100 ГГц) волноводных модуляторов для волоконно-оптических линий связи с многоволновым уплотнением каналов.

ИФТ РАН

По технологии электронной литографии и ионного травления в тонкой плёнке аморфного кремния толщиной 130 нм изготовлена вихревая метализа диаметром 30 мкм и с фокусным расстоянием, равным длине волны 633 нм, состоящая из 16 секторов субволновых бинарных решёток с периодом 220 нм. Уникальность такой метализы в том, что при освещении ее светом с левой круговой поляризацией формируется вихревой пучок с топологическим зарядом 2 и левой круговой поляризацией, а при освещении ее светом с линейной поляризацией формируется векторный цилиндрический пучок второго порядка.

ИСОИ РАН

Проведена разработка и создание нового оборудования и технологий для развития цифровой медицины и промышленности.

Проведено исследование процесса фотополимеризации ряда метакриловых олигомеров и олигомер-мономерных композиций с добавками порошка кремния с размерами частиц 30 мкм и меньше. Показано, что кремний до определенного размера его частиц

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>способен образовывать стабильные взвеси с олигомерными системами. При использовании подобных смесей в установках 3D-печати (лазерных стереолитографах) достигается большая точность изготовления по сравнению с исходной олигомерной или олигомер-мономерной основой.</p> <p>Проведена разработка новых лазерно-ультразвуковых и оптико-акустических методов контроля.</p> <p>Предложен и экспериментально реализован метод измерения акустического импеданса для оценки пористости углепластиков, основанный на лазерном термооптическом возбуждении продольных акустических волн. Акустический импеданс исследуемого образца измеряется по величине первообразной ультразвукового импульса, отраженного от границы раздела иммерсионная жидкость-образец. Приведен метод расчета пористости углепластика по измеренной величине акустического импеданса. Исследованы образцы углепластиков с тремя различными схемами укладки углеродных волокон. Величина пористости, усредненной по результатам оптико-акустических измерений, в пределах погрешности практически совпадает с данными рентгеновской томографии. Представленный метод определения пористости не требует определения объема и массы исследуемого объекта и может быть использован для диагностики композитных конструкций сложной формы.</p> <p>Экспериментально реализован метод исследования структурной неоднородности и оптических свойств коллоидных сред. Представленный метод основан на зависимости временного профиля возбуждаемого в исследуемой среде оптико-акустического сигнала от коэффициента поглощения и рассеяния света в данной среде. В качестве исследуемых коллоидных растворов были взяты магнитные жидкости на основе воды и керосина с объемной концентрацией магнетита от 0,35 до 3,5%. Показано, что в магнитных жидкостях наблюдается увеличение коэффициента экстинкции света с глубиной, причем его относительное изменение зависит от концентрации частиц магнетита, от свойств несущей жидкости и от типа акустической границы. Наличие связи между концентрацией частиц и оптическими свойствами магнитной жидкости дает возможность использовать данный метод для определения объемного содержания магнетита в жидкости.</p>

Разработка диагностического прибора терагерцового и суб-терагерцового диапазона частот для спектрального анализа и оценки гидратации роговицы глаза

В рамках модели эффективной среды проведен анализ комплексной диэлектрической проницаемости системы глазной поверхности в ТГц диапазоне частот. Исследована глужина проникновения ТГц излучения и чувствительность отраженной составляющей к динамике испарения слезной пленки роговицы глаза. Эксперименты *in vivo* проводились в рамках предложенной нами концепции определения коэффициента отражения поверхности глаза с помощью рефлектометра (поляриметра) непрерывного ТГц диапазона. По результатам экспериментов *in vivo* с использованием непрерывного ТГц излучения и численного моделирования продемонстрирована чувствительность отраженной компоненты ТГц излучения на различных ТГц частотах к динамике испарения слезной пленки и степени гидратации тканей роговицы глаза.

Техника частотной терагерцовой рефлектометрии была применена при создании диагностического прибора, предназначенного для неинвазивной оценки гидратации слезной пленки роговицы глаза человека. Предложенный метод позволяет анализировать скорость обезвоживания поверхности роговицы и, как следствие, определять время разрыва слезной пленки. Результаты анализа рабочих характеристик приемника показывают хорошую применимость предложенного метода. Прямое сравнение результатов, полученных методом рефлектометрии, и результатов тестирования Норна показывает хорошую корреляцию. Измерение динамики истончения слезной пленки *in vivo* может быть эффективно применено при клинической диагностики синдрома сухого глаза.

Исследована генерация терагерцового излучения в CO_2 в сравнении с атмосферным воздухом в широком диапазоне давлений. Экспериментально установлено и теоретически объяснено, что для этих газов оптимальное давление (при котором эффективность преобразования частот из ближнего инфракрасного диапазона в ТГц максимальна) составляет около 1 бар для воздуха и 0,5 бар для CO_2 . Рассмотрена возможность применения фемтосекундной лазерно-индуцированной генерации ТГц излучения для исследования атмосферы Марса и обосновано, что общий выход излучения ТГц диапазона вблизи поверхности Марса всего в 6 раз меньше, чем на Земле. Сравнимая энергия ТГц излучения, генерируемого на этих двух планетах, связана с разреженной плазмой на Земле ($\sim 10\%$ нейтралов) и полной двойной ионизацией углекислого газа на Марсе ($\sim 200\%$ нейтралов), что открывает большие перспективы для дистанционного зондирования ТГц газовых примесей в марсианской атмосфере.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Исследовано широкополосное терагерцовое излучение от филамента, возбужденного излучением ближнего ИК в условиях жесткой, средней и слабой геометрической фокусировки. Спектры излучения терагерцового диапазона измерялись с помощью интерферометра, сопряженного с болометрическим детектором с гелиевым охлаждением. Регистрация осуществлялась в широком спектральном диапазоне чувствительности детектора без дополнительной отсечки каких-либо частот. На основе анализа положений максимумов спектра ТГц излучения и его ширины сделана оценка частоты столкновений электронов с тяжелыми частицами (нейтралами и ионами) в плазменном филаменте. Численное моделирование выполнялось с использованием современной модели распространения односторонних фемтосекундных импульсов и сходимости/расходимости оптического излучения под большими углами.</p> <p>Выполнена серия экспериментов по изучению возможности использования свободной капли жидкого металла в качестве источника когерентного ТГц излучения при ее возбуждении двумя фемтосекундными лазерными ИК-импульсами одинаковой частоты, разделенными по времени. Анализ полученных результатов показал, что процесс генерации ТГц излучения может быть описан в рамках модели динамического управления усилением, учитывающей взаимодействие обонх лазерных импульсов с каплей, с учетом динамики электронов и ионов после фотоионизации металлической капли. Возможность совместной генерации рентгеновского, ультрафиолетового и терагерцового излучения при фотовозбуждении свободной капли жидкого металла позволяет предположить, что такая мишень является перспективным источником многочастотного электромагнитного излучения.</p> <p>Обоснование перспективности разработки и развития усилителей терагерцового и субтерагерцового диапазонов на основе устройств вакуумной микроэлектроники</p> <p>Показано, что величина обобщенных предельных токов в низкочастотной части миллиметрового диапазона $< 70 \text{ ГГц}$ в основном определяется действием тормозящих сил пространный заряд. В этой части диапазона использование кольцевых электронных потоков пучков позволяет транспортировать через пролетные каналы электронные потоки со значениями предельных токов, в 2...3 раза превышающими значения для сплошных</p>

	<p>пучков. В высокочастотной части диапазона 70–300 ГГц обобщенные предельные значения токов определяются в основном условиями равновесной фокусировки пучков, и кольцевые пучки не дают заметного преимущества в величине предельных токов по сравнению со сплошными. Оценки длин развития диокотронной неустойчивости показали, что диокотронная неустойчивость при использовании кольцевых электронных потоков в миллиметровом диапазоне может являться дополнительным фактором, ограничивающим величину силы тока пучка.</p>
42. Локационные системы, геоинформационные технологии и системы	<p style="text-align: center;">ИПЛИТ РАН</p> <p>Разработан алгоритм планирования пути робототехнических средств Local Roughness Local Height Difference A* (LRLHD-A*) на трёхмерных картах местности, учитывающий статические препятствия и локальные перепады высот, использующий собственную специализированную эвристическую функцию, применение которой позволяет уменьшить время нахождения пути по сравнению с алгоритмом LRLHD-Dijkstra, а также потребляемые вычислительные ресурсы по сравнению с классическими алгоритмами A*.</p> <p>Разработан метод геохронологического трекинга и методологический инструментарий интеграции пространственно-координированной гетерогенной информации на базе геоинформационной системы с использованием приемных антенн систем гидроакустической связи в инфраструктуре диспетчеризации геопрозрачных процессов. На основе геохронотрекинга разработана процедура проверки исследовательских гипотез об устойчивых тенденциях в процессах контроля трафика перемещения надводных и подводных объектов. Разработанный метод геохронологического трекинга может быть использован для анализа современных логистических сетей, оптимизации транспортных потоков, систем диспетчеризации различных видов морского транспорта с использованием систем гидроакустической связи.</p> <p style="text-align: center;">СПИИРАН</p> <p>Предложены методы, работающие по принципу сохранения выбранных мер спектрального рассогласования и учета пространственного контекста пикселей гиперспектральных изображений. В качестве мер рассогласования рассмотрены как евклидово расстояние и спектральный угол, так и дивергенция спектральной информации. Учет пространственного контекста достигается за счет включения в расчет меры рассогласо-</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>вания между сопоставляемыми пикселями множества наиболее близких в спектральном пространстве пикселей из локальной окрестности. ИСОИ РАН</p> <p>Разработан новый метод машинного обучения решению задач одноклассовой классификации – метод минимальной области тревоги. Разработаны новые алгоритмы и плагины к системе GeoTaim 3. Экспериментально показано, что метод и модифицированные версии его алгоритмов могут быть успешно применены как для систематического пространственно-временного прогноза землетрясений и их магнитуд, так и для пространственной идентификации аномальных геологических зон, таких как зоны возможных очагов сильных землетрясений и зоны месторождений полезных ископаемых.</p> <p>Выполнен первый этап разработки новой ГИС технологии исследования пространственно-временных социально-экономических процессов в субъектах РФ. Разработана базовая версия Веб-ГИС платформы, предназначенной для общедоступного и наглядного анализа структурированных пространственно-временных данных. Платформа интерактивно отображает на ПК, планшете и смартфоне картограммы региональных показателей РФ, их значения и графики изменений значений во времени. Данные экспортируются из БД «УИС МГУ». Разработаны плагины комплексного анализа регионов по нескольким показателям.</p> <p>Разработан новый алгоритм прогноза клинически значимых стадий заболевания раком предстательной железы (РПЖ) по долейным данным. Практическая важность задачи прогноза состоит в том, что стадия заболевания определяет метод лечения больного РПЖ и его объём. Алгоритм показал высокую достоверность прогноза. Совместно с Московским научно-исследовательским онкологическим институтом имени П.А. Герцена Министерства здравоохранения РФ алгоритм внедрен в клиническую практику.</p> <p>Исследована двумерная модель динамики популяций в непрерывной среде. В субкритическом режиме (рождаемость меньше смертности) статистическое равновесие может быть достигнуто за счёт внешних источников («иммиграции»), а в критическом режиме (рождаемость равна смертности) – наоборот, за счёт переходов на большие расстояния («эмиграции»).</p>

	<p>Изучен вопрос о связи операций обращения времени в теории случайных процессов, классической и квантовой механике. Показано, что во всех этих случаях свойство обратимости во времени связано с существованием билинейной формы, относительно которой динамика симметрична.</p> <p>Определяются и изучаются гамилтонионы системы частиц, которые в пределе (по параметру, от которого зависит гамильтониан) становятся «жесткими», то есть расстояния между любой парой частиц становятся фиксированными величинами, и система частиц в пределе ведет себя как твердое тело. Уравнения движения для неё получаются как предел ньютоновой динамики исходной системы точечных частиц, когда параметр, от которого зависит гамильтониан, стремится к бесконечности.</p> <p style="text-align: center;">ИППИ РАН</p>
43. Нанотехнологии, нанобиотехнологии, наносистемы, наноматериалы, нанодиагностика, наноэлектроника и нанопhotоника	<p>Предложен новый тип ионно-оптических элементов – ахроматический дефлектор на основе электростатических секторных полей со сдвинутым потенциалом оси, отличающийся простотой и компактностью. Предложенное устройство может быть использовано в широком спектре масс-спектрометрических приборов для оптимизации конструктивного расположения их элементов.</p> <p>Разработана методика изготовления микрофлюидных чипов с системой наноканалов с заданной шириной и глубиной. Исследованы транспортные свойства полученных наноканалов в модельных растворах солей. Такие системы могут найти широкое применение в исследованиях транспорта, как ионов, так и различных молекул через наноканалы.</p> <p>Разработана методика обработки поверхности боросиликатного стекла для применения в конструкциях микрофлюидных чипов (МФЧ), капиллярах, суперконденсаторах и ряда других устройств. В отличие от существующих методик обработки поверхности стекла, разработанная методика обеспечивает сочетание максимального увеличения поверхности, гидрофиллизации поверхности и стабилизации ее параметров при минимальном воздействии на ее рельеф и шероховатость.</p> <p>Продемонстрирована эффективность применения электронно-лучевого инициирования полимеризации смеси акриловых мономеров при получении монолитных сорбентов для капиллярных колонок и микрофлюидных чипов. Изучены фрактальные характеристики агрегатов микрोगлобул, квазирешетки и распределение микропор в монолитных сорбентах в полученных монолитных сорбентах, что позволяет оптимизировать их структуру и методы получения.</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Экспериментально показана возможность регистрации аналитического сигнала бериллия в различных химических формах методом масс-спектрометрии ЭРИАД, показаны преимущества данного метода регистрации перед распространёнными аналогами. Предложена методика подготовки пробы бериллия для анализа. Показано, что при анализе хлорида и нитрата бериллия его зарегистрированные пики имеют близкие значения интенсивности.</p> <p>Усовершенствована методика оптимизации пропускания статических магнитных масс-анализаторов в условиях наличия у них аксиальной aberrации 2-го порядка. Исследован случай произвольного количества вертикальных диафрагм, формирующих оптимальный вертикальный аксептанс масс-анализатора. Данная методика, позволяющая значительно увеличить чувствительность масс-спектрометра без ухудшения его разрешения, является оригинальной и не имеет аналога.</p> <p style="text-align: center;">ИАП РАН</p> <p>Реализованы уникальные нанопереклучатели – приборы на основе монокристаллов VO_2, которые резко и обратимо изменяют свое сопротивление и при этом демонстрируют рекордную энергоэффективность (4,2 фДж), сравнимую с эффективностью нейрона, высокое быстродействие (<1 нс) и долговечность (>1011 циклов). Переклучатель представляет собой нанокристалл VO_2 с двумя контактами, один из которых – внедренная в кристалл проводящая кремниевая нанополоса (10 нм), что обеспечивает малое напряжение переключения. Предложенная технология интегрируется в хорошо развитую кремниевую технологию, что обеспечивает ее дешевизну.</p> <p>Разработаны фундаментальные основы управления морфологическими нестабильностями полупроводниковых поверхностей в условиях осаждения, испарения и несмачивания, которые могут быть использованы для развития технологий выращивания новых материалов и создания метаповерхностей при разработке устройств, работающих на новых физических принципах. На примере Si впервые показано, что изменения средней квадратичной шероховатости $W(\theta)$ с ростом скорости осаждения R и температуры T обнаруживают три режима морфологической нестабильности. Результаты проливают</p>

свет на сложные процессы самоорганизации на поверхности, происходящие в условиях кинетических ограничений на встраивание, восходящей диффузии, испарения и химического перемешивания.

Изучено комбинационное рассеяние света (КРС) на оптических фононах и экситонная фотолуминесценция (ФЛ) однородных покрытий нанопластинок CdSe/CdS по типу ядро/оболочка, однородно нанесенных по технологии Ленгмюра-Блоджетт на массивы золотых нанодисков. Показано, что интенсивности КРС и ФЛ резонансно зависят от размера нанодисков золота и достигают максимальных значений, соответственно, 75 и 7 при размерах диска, для которых энергия локализованного поверхностного плазмонного резонанса (ЛПР) совпадает с энергией межзонных переходов в нанопластиках.

Выполнено численное моделирование нового оптического сенсора на основе периодического элемента связи, реализующего одновременно функцию фильтрующего элемента и дифракционного элемента вывода излучения из волновода. Чувствительная часть сенсора представляет собой полосковый кремниевый волновод (кремниевую проволоку), над которой располагается тонкий окисный буферный слой и каналный волновод из оксинтрида кремния (SiON) с периодической модуляцией его ширины. Данная дифракционная решетка осуществляет эффективную связь в узком спектральном интервале двух фундаментальных мод TE поляризации, распространяющихся в параллельных канальных волноводах из кремния и SiON. Расчеты показывают, что данный сенсор может обеспечить внутреннюю чувствительность (iLOD) ~ 0,004 RIU для структур длиной порядка 10 мм.

Исследованы закономерности формирования наноструктур GeSn и SiSn на подложках Si и Ge(100) по механизму пар-жидкость-кристалл. Показано, что на подложке Ge(100) могут возникать либо нитевидные наноструктуры, либо островки грибовидной формы, содержащиеся в верхней части Ge в виде усеченного икосаэдра.

Используя массив островков, обогащенных оловом с ограниченными кремниевыми пьедесталами, исследована эволюция наноразмерных ячеек в системе островков с кремниевыми пьедесталами.

Используя наноструктурированную ячеистую поверхность в качестве исходной искусственной подложки, был исследован рост наноструктур GeSn. Впервые показано формирование кросс-структур GeSn, которые возникают в результате заполнения линии пересечения двух смежных граней перевернутой пирамиды, представляющей одну из ячеек поверхности. Установлено, что интенсивность фотолуминесценции от массива

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>кросс-структур, регистрируемая германиевым детектором, возрастает, как при увеличении толщины GeSn, так и при отжиге образцов.</p> <p style="text-align: center;">ИФП СО РАН</p> <p>Предложен способ изготовления холодного катода (генератора электронов) на основе сборки из двух микроканальных пластин (МКП) с эмиссионным углеродным слоем, содержащего углеродные наноструктуры (УНС). Измерение зависимости выходного постоянного тока генератора электронов от расстояния между МКП в сборке показало, что при увеличении зазора от 0,2 до 0,63 мм величина тока возрастает от 0,65 до 4 мкА, при дальнейшем увеличении зазора до 1,4 мм ток возрастает до 4,5 мкА. Максимальный ток в 54 мкА достигается в случае, если на первую МКП в сборке со слоем УНС на входном торце подавать импульсное напряжение амплитудой 800В, частотой 2,3 кГц и скважностью 28, а на вторую МКП – постоянное напряжение 1200 В, при величине зазора между МКП 1.4 мм. Научная новизна состоит в использовании сборки двух МКП, где первая обеспечивает генерацию электронов от углеродного слоя с УНС, а вторая – усиление и стабилизацию тока, в результате чего удается получить величину тока 54 мкА при рабочем напряжении не более 1200 В. Значимость результата состоит в возможности создания миниатюрной и маломощной рентгеновской трубки с холодным катодом для портативных рентгеновских приборов определения структуры и состава материалов.</p> <p>В рамках молекулярно-динамической модели показано, что имеет место раскачка переченных колебаний атомов графена с переходом их в изгибные колебания мембранного типа. Амплитуды таких колебаний могут достигать больших значений, которые значительно превышают межатомные расстояния уже для образцов микронных размеров и составляют 10–2 от длины образца. Результаты моделирования сравнились с характеристическими частотами колебаний графена в приближении натянутой мембраны. Интересным является, что частоты колебаний графена находятся в ТГц области частот и может рассматриваться как потенциальный источник излучения в данной области.</p> <p style="text-align: right;">ИИПРУ КБНЦ РАН</p>

Разработаны метод и биоэлектронное устройство интеллектуальной многоуровневой обработки информации в нейронной сети в реальном масштабе времени, реализуемые на основе управляемых наностероструктурных мультиэлектродных матриц. Предложенные метод и биоэлектронное устройство обладают более широкими возможностями по интеллектуальной ассоциативной оперативной обработке разнородной информации и перестройке архитектур, по сравнению с известными запатентованными в мире решениями.

СПИИРАН

Получен композитный порошок с рекордно высоким выходом флуоресценции. Композит графитоподобного нитрида углерода (g-C₃N₄) был синтезирован методом термического разложения меламмина в присутствии наночастиц оксида алюминия, оксида титана, оксида кремния.

Были получены алмазоподобные плёнки с высокой концентрацией бора толщиной около 20 нм импульсным лазерным осаждением, и обладающих почти металлическим сопротивлением при низкой температуре. Удельное сопротивление богатой бором алмазоподобной плёнки BC7 при комнатной температуре ($3,6 \cdot 10^{-4}$ Ом·см) является самым низким для этого типа материалов, изученных до настоящего времени.

Использование установки лазерного нагрева в ячейке высокого давления привело к наблюдению фазового перехода алмаза в более плотную, чем алмаз, углеродную фазу, состоящую из 2–3 оболочек фуллеренового типа лука. Результатом этого исследования является наличие структур фуллеренового типа на фазовой диаграмме углерода в области нестабильности алмаза при высоком давлении (70 ГПа) и широком диапазоне температур.

Теоретически и экспериментально исследована дифракция света видимого спектрального диапазона на субволновых металлических решетках.

Показано, что при определенных условиях падающего излучения эффект плазмонного резонанса, при котором происходит полное поглощение падающего излучения.

Исследовано влияние поверхностного плазмонного возбуждения на сдвиг Гуса-Хенкен (ГХ) при падении гауссова пучка на металлическую субволновую решетку. С помощью строгих электромагнитных расчетов продемонстрированы большие положительные и отрицательные боковые сдвиги ГХ отраженного от субволновых решеток пучка вблизи поверхностного плазмонного резонанса. Усиление бокового сдвига с увеличением ширины пучка может быть феноменологически объяснено увеличением эффективности связи падающей энергии в плазмонную моду.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Рассмотренные эффекты могут быть применены при разработке различных датчиков, узкополосных фильтров и оптических переключателей.</p> <p>Предложен новый фильтр нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), основанный на использовании фотонного и плазмонного эффектов, приводящих к сужению полосы пропускания и преобразованию спектра пропускания. Показано, что падающий пучок заданной длины волны расщепляется на три разделенных по углу пучка. Показано разделение полосы пропускания фильтра на три узкополосные спектральные линии для заданного угла падения. Этот тип тонкопленочного фильтра должен быть полезен во многих областях применения, включая общую область спектроскопии, сенсоры, со спектральными областями, простирающимися от ультрафиолетового до дальнего инфракрасного диапазона. Отметим, что рассмотренные резонансные туннельные эффекты могут возникнуть для волн любой природы, в том числе электромагнитных, акустических и др.</p> <p style="text-align: center;">НТЦ УП РАН</p> <p>Введена в эксплуатацию двухканальная круговая лазерная записывающая система, в которой реализована возможность записи микроструктур как ставшим уже традиционным способом формирования скрытых изображений в пленках светочувствительных материалов, так и прямое профилирование поверхности оптически прозрачных сред методом лазерной абляции с помощью импульсов пикосекундной длительности.</p> <p>Разработана технология микропрофилирования оптически прозрачных сред с управляемой глубиной синтезированных структур.</p> <p>Разработана установка автоматического контроля качества оболочек твэлов реакторов типа РБМК.</p> <p>Разработан алгоритм обнаружения дефектов с использованием искусственной нейронной сети.</p> <p>Разработано программное обеспечение, реализующее обнаружение дефектов по созданному алгоритму при проведении динамического и статического контроля.</p> <p>Установка обнаруживает дефекты с поперечными размерами порядка 0,1 мм и более на трубе диаметром 13.6 мм и длиной 3600 мм, позиционирует дефекты в зону измерения</p>

интерферометра с точностью порядка 0,1 мм и выполняет измерение глубины дефекта с погрешностью менее 5 мкм.

КТИ НП СО РАН

Предложен интегральный интерферометр Жире-Турнуа, состоящий из нескольких диэлектрических ступенек и выемок, расположенных на поверхности плоскопараллельного диэлектрического волновода. Предложенная структура работает в отражении и позволяет резонансно изменять фазу наклонно падающих ТЕ-поляризованных волноводных мод. Использование нескольких ступенек позволяет обеспечить требуемую групповую задержку или дисперсию групповой задержки в заданном спектральном диапазоне.

Создание цифровой платформы сенсорики на основе дифракционно-оптических систем и глубокого обучения.

Разработана двухэтапная технологии линейно-нелинейного фильтра для обработки изображений низкого разрешения. На первом этапе изображение обрабатывается линейным фильтром, на втором этапе осуществляется его нелинейная коррекция. Линейный фильтр обеспечивает усиление в области средних частот, а нелинейная коррекция усиливает высокочастотную часть спектра. При этом удается избежать подчеркивания шумов за счет разделения изображения по пространственным координатам так, что эти области имеют разные частотные диапазоны.

ИСОИ РАН

Проведены исследования влияния высоковольтного электрического поля (0–4000 В/см) на фотолюминесцентные свойства механолюминофоров $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$. Установлено, что интенсивность фотолюминесценции указанного люминофора не зависит от величины электрического поля в указанном диапазоне полей. Исследована температурная зависимость ($T = 20^\circ\text{C} - 250^\circ\text{C}$) фотолюминесценции и фосфоресценции люминофоров $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+})$ и $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$. Показано, что температурное тушение фотолюминесценции в $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ выше чем в $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+})$. Проведены исследования возможности использования механолюминесцирующих покрытий на основе клея и мелкодисперсного порошка люминофора $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ для визуализации процесса разрушения материалов при механическом воздействии (ударе пробного тела). Показано, что механолюминесцирующий слой чувствителен к образованию макродефектов (трещин и микротрещин) в материале и достаточно полно визуализирует их распределение на поверхности материала.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Методом импульсного лазерного осаждения (ИЛО) на подложках с-сапфира и кремния п- и р- типа получены тонкие ионопроводящие пленки LiCoO_2 толщиной от 10 до 100 нм. Пленки синтезированы из составных мишеней $\text{LiCoO}_2 \cdot \text{Li}_2\text{O}$ с концентрацией Li_2O 5 и 10 % при температуре подложки от 25 до 500 °С. Установлено, что пленки LiCoO_2, осажденные на кремниевые подложки, демонстрируют удельное сопротивление порядка 10–7 Ом·см для пленок, полученных на высокопроводящем кремнии п- и р- типа, и порядка 10–1 Ом·см для пленок, полученных на высокоомном кремнии п- типа. Пленки LiCoO_2, осажденные на подложки с-сапфира, обладают диэлектрическими свойствами.</p> <p>Методом ИЛО в бескапельном режиме получены тонкие пленки MnxSi1-x ($x \sim 0,5$) на подложках сапфира с- и г- среза. Исследовано влияние плотности энергии лазерного излучения на мишени и ориентации подложки сапфира на структурные, электрические и ферромагнитные свойства полученных пленок методом ферромагнитного резонанса и рентгеноструктурного анализа. Установлено влияние плотности энергии лазерного излучения на мишени на ферромагнетизм пленок MnxSi1-x. Значения $E > 5,5 \text{ Дж/см}^2$ способствуют образованию ферромагнитной фазы с высокой температурой Кюри $T_C \sim 330 \text{ К}$, в отличие от значений $E = 4 - 5 \text{ Дж/см}^2$, при которых температура Кюри оказывается существенно ниже. Установлена корреляция магнитных свойств пленок с величиной сигнала диффузного рассеяния рентгеновского излучения. При $E > 5,5 \text{ Дж/см}^2$ с ростом E размер нанокристаллитов увеличивается. При $E < 5,5 \text{ Дж/см}^2$ ориентация подложки сапфира и концентрация нанокристаллитов не влияет на магнитные свойства пленок MnxSi1-x, что связано с проявлением дополнительной низкотемпературной ферромагнитной фазы в пленках.</p> <p>Постростовой отжиг тонких пленок GaSb, содержащих наночастицы Mn1+xSb, приводит к увеличению магнитного момента наночастиц. Чем ниже температура роста Tgr, тем к большему увеличению магнитного момента приводит отжиг. Зависимость отношения магнитного момента образцов после отжига и до такового от Tgr монотонна. Предложено несколько термоактивируемых процессов, некоторые из которых могут отвечать за наблюдаемый эффект. Один из них связан со структурным совершенством образцов. Другой механизм состоит в изменении стехиометрии наночастиц Mn1+xSb. Третий – свя-</p>

зан с диффузионной миграцией атомов Mn из межузельных позиций в узлы кристаллической решетки, где они замещают атомы Ga.

Исследован ряд функциональных материалов на основе графеновых структур. Показано, что в традиционных односторонних решетчатых и затворных графеновых полевых транзисторах несвязанные моды четного порядка могут быть возбуждены при нормальном падении излучения, при этом возбуждения несвязанных мод нечетного порядка не происходит. Предложено использование двухсторонней решетчато-затворной структуры для сокращения длины незащищенной области. Сверхпоглощающее поглощение эффективно контролировалось в спектральной области покрытия 1,06–10 ТГц, при этом энергия Ферми графена варьируется от 0,2 до 0,6 эВ. Предложенная структура может найти применение в активно настраиваемых многополосных или широкополосных ТГц детекторах, датчиках и переключателях.

Исследованы спектральные свойства сильно нелинейных органических кристаллов DAST. Обнаружено, что в результате процесса ультрафиолетового фотообесцвечивания происходит изменение диэлектрических свойств кристаллов, особенно в терагерцовом диапазоне частот. Модификация DAST при фотообесцвечивании приводит к уменьшению ТГц поглощения на $5\text{--}15\text{ см}^{-1}$ и увеличению показателя преломления на 0,5 единиц. Кристаллическая модификация наблюдалась с помощью микроскопа в режиме DIC. Таким образом, показано, что фотообесцвечивание может быть использовано как фотоуправляющий метод для наведения нелинейной решетки в кристаллах DAST с целью увеличения эффективности генерации терагерцового излучения путем оптического выпрямления.

ИПЛИТ РАН

Проведены исследования роста светоизлучающих InGaN/GaN структур на основе InGaN/GaN короткопериодных сверхрешеток и InGaN квантовых точек на подложках SiC/Si. Светоизлучающие структуры, выращенные на SiC/Si подложках, в области малых плотностей токов характеризовались очень сильной зависимостью положения пика излучения от плотности тока через структуру, что обусловлено сильной неоднородностью в распределении индия в активной области. Были исследованы способы повышения эффективности фотоприемных устройств с активной областью на основе различных типов квантовых объектов (квантовых ям, квантовых точек и специализированных объектов – квантовые точки в квантовой яме) и достигнуто понимание преимуществ и недостатков различных квантовых объектов. Изучены базовые условия эпитаксиального роста III-N

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>гетероструктур методом газофазной эпитаксии из металл-органических соединений на различных подложках. Исследовано влияние давления на свойства нитрида галлия. Показано, что давление в реакторе снижает латеральный масштаб неоднородностей морфологии поверхности. Исследованы базовые условия эпитаксиального роста III-N гетероструктур на подложках SiC/Si. Был изучен рост буферных слоев n-типа проводимости с целью улучшить растекание тока в светодиодных структурах и рост активной области гетероструктур для реализации эффективного излучения светодиодных структур. Изучены базовые условия эпитаксиального роста III-N гетероструктур для силовых HEMT на сверхвысокомных подложках кремния. Созданы структуры с подвижностью более 1500 см²/Вс.</p> <p>Теоретически изучен дизайн контролируемо напряженных III-N светоизлучающих гетероструктур с монокристаллической активной областью излучающей при двух длинах волн 430 нм и 490 нм. Рассчитаны скорости излучательной и безизлучательной рекомбинации. Исследованы структурные, оптические и электрофизические свойства синие-голубых диодных светодиодов и был сделан вывод, что отношения интенсивностей «синей» и «голубой» линий излучения может изменяться в широких пределах без значительного уменьшения внешней квантовой эффективности. Выполнено численное моделирование дизайна III-N гетероструктур с двумерным электронным газом для нормально-закрытых и нормально-открытых транзисторов.</p> <p>Исследована технология изготовления оптоэлектронных приборов на основе напряженных сверхрешеток. Изучена возможность контроля параметров излучения в монокристаллических светодиодах. Была проведена оптимизация дизайна активной области таких светодиодов и для оптимального дизайна продемонстрировано незначительное уменьшение эффективности излучения диодных светодиодов по сравнению с эталонными монокристаллическими образцами. Было показано, что потенциально возможно изменять цветовые характеристики излучения при использовании широкополосной модуляции. Изучена технология изготовления светодиодов на подложках SiC/Si. Демонстрирована возможность увеличения эффективности вывода света, обусловленного шероховатостью гетероинтерфейса гетероструктура – подложка SiC/Si.</p>

Проведена оптимизация условий синтеза гетероструктур на основе нитрида галлия с высокоомным буферным слоем. Изучены величины напряжения пробоя в зависимости от уровня и типа легирования. Исследовано влияние потока и типа легирующей примеси (углерод и железо) и толщины нелегированного слоя GaN, разделяющего область канала HEMT транзистора и область легирования, на электрофизические свойства гетероструктур для транзисторов. Изучен синтез композитного материала – III-N гетероструктура – диэлектрик (Si_3N_4), исследованы зависимости скорости осаждения Si_3N_4 от технологических параметров.

Исследован новый подход к расчету пространственного распределения ионов в сфокусированном ионном пучке (FIB). Подход основан на анализе вторичного электронного изображения области, облученной сфокусированным ионным пучком.

Проанализирована работа 3-х конструкций излучающих кристаллов: “face up”, “vertical” и “flip-chip” при работе в условиях сверхвысокой плотности тока накачки (до 7 кА/см^2). Установлены основные физические и конструктивные факторы, лимитирующие рост выходной оптической мощности, а именно: безызлучательная Оже-рекомбинация, эффект «шнурования» тока под контакт и возникновение локально перегретых областей.

В качестве оптимальной для работы в условиях высоких уровней накачки выбрана конструкция излучающего кристалла “vertical” с дизайном активной области на основе короткопериодной сверхрешетки InGaN/GaN. В результате моделирования была предложена геометрия контактов, позволяющая добиться максимальной однородности токораспределения при приемлемом контактном сопротивлении. Разработана технология высокопрозрачных ITO-контактов. Предложены конструкции излучающих линеек с минимизированным тепловым сопротивлением (система нитридная керамика – медная пластина), как основы излучателей для накачки твердотельных лазеров.

В качестве потенциально перспективных твердотельных активных сред для накачки синие-зелеными нитридными светодиодами предварительно были выбраны алесандрит (Al_2BeO_4 ; Cr^{3+}) и Ti:sapфир (Al_2O_3 ; Ti^{3+}), имеющие полосы поглощения в области 450–500 нм. На их основе изготавливаются перестраиваемые лазеры, генерирующие красное и ближнее ИК излучение в диапазоне от 650 до 1100 нм. Исходя из меньшего времени жизни верхнего уровня Ti:sapфира, именно он был выбран для начала работ по светодиодной накачке (в силу возможности светодиодов генерировать ультракороткие импульсы высокой энергии).

Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Для достижения минимальной пороговой энергии генерации на первом этапе выбран конфокальный резонатор с двумя глухими зеркалами (коэффициент отражения 99,8%). Предложена конструкция системы накачки для активного элемента 2х2х20 мм, представляющая собой две взаимно перпендикулярные светодиодные линейки, расположенные вплотную к боковым поверхностям активного элемента (с прослойкой иммерсионной среды), а с противоположных граней – отражательные поверхности с высоким коэффициентом отражения на длине волны накачки. Достигнуты коэффициенты использования энергии накачки в активном элементе Ti:сапфир: ~80%, для синих и ~90% для зеленых светодиодов.</p> <p style="text-align: center;">НТЦ Микроэлектроники РАН</p> <p>Исследования в рамках одной темы проводились по 2 направлениям работ, получены следующие результаты:</p> <p>Разработана серия многокомпонентных модифицирующих поверхностных комплексов с нанослойно-композиционной архитектурой. Проведен широкий спектр исследований механических свойств разработанных комплексов и эксплуатационных свойств изделий с ними.</p> <p>Разработана технология нарезания резьбы в отверстиях сверхмалого диаметра, обеспечивающая повышение производительности в 2–2,2 раза и увеличение ресурса работы инструмента в 2 раза.</p> <p style="text-align: center;">ИКТИ РАН</p>
V. Химические науки и науки о материалах	
44. Фундаментальные основы химии	<p>Разработана и защищена патентом методика получения сложных оксидов с использованием установок для синтеза оксидных материалов при заданном парциальном давлении кислорода, позволяющая получить гомогенные фазы Раддлсдена-Поппера $R_2BaMn_2O_{6,97}$, $R = Nd, Pr, Gd$ и однофазные двойные манганиты $RBaMn_2O_6$, $R = Sm, Nd, Pr$, отличающиеся от обычных манганитов $(R,Ba) Mn_2O_6$ значительно более высокими</p>

температурами магнитных фазовых переходов. Изучены структура и магнитные свойства полученных фаз.

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН

Впервые сформулирована модель карбокаталитического цикла тримеризации ацетилена и был установлен механизм реакции Зелинского, приводящей к образованию бензола, являющегося важным промышленным продуктом. Ключом к пониманию загадки реакции Зелинского оказались карбеновые активные центры, локализованные на атомах углерода у зигзагообразного края графена. Такие активные центры представляют собой уникальную платформу для эффективного каталитического формирования углерод-углеродных связей при синтезе бензола. По результатам квантово-химических расчетов и экспериментального исследования был реконструирован профиль свободных энергий и было обнаружено, что поэтапному присоединению молекул ацетилена к каталитически активному центру способствует миграция спиновой плотности на бетта-атом углерода присоединяемой ацетиленовой молекулы. Показано, что обратимые колебания спиновой плотности облегчают образование продукта и восстанавливают каталитически активные центры. По результатам выполнения работы разработана альтернативная карбокаталитическая платформа для создания эффективных промышленных каталитических систем.

В развитие цикла работ по теме «Органические реагенты и лиганды в реакциях германия и кремния для получения новых материалов» были предложены новые, простые и эффективные, подходы к формированию практически полезных кремний- и германий-содержащих продуктов. На основе легкодоступного водорастворимого 2-карбоксизил-сесквиоксида германия получены наночастицы, показавшие превосходные результаты в качестве анодов литий-ионных батарей – стабильные при многократном циклировании и обладающие емкостью до двух раз превосходящую предельно доступную для общеиспользуемого в настоящее время графита. Предложен метод получения способного флуоресцировать нанопористого кремния на основе электрохимического травления с использованием ионных жидкостей взамен традиционно используемой для этого в настоящее время плавиковой кислоты.

Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН

Впервые была обнаружена нековалентная галогенная связь с участием неподеленной пары электронов углерода в изоциано-группе, при этом атом углерода выступает в качестве акцептора нековалентных взаимодействий в основном в составе различных

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>т-систем. Было показано, что сокристаллизация или механохимический синтез модельного мезитилизоцианида с четырьмя иодперфторбензолами приводит к серии аддуктов, содержащих галогенную связь с изоцианидом. Полученные аддукты охарактеризованы методами монокристаллической и порошковой рентгеновской дифракции, твердотельной ИК- и ЯМР-спектроскопии, а также термогравиметрическим анализом. Образование галогенной связи с изоциано-группой приводит к значительному уменьшению запаха изоцианида, приводя к снижению его концентрации в газовой фазе в 3–46 раз. Эта манипуляция позволяет достичь более удобного и безопасного хранения изоцианидов, при этом сохраняя возможность их последующего использования для получения различных фармакологических препаратов и функциональных материалов.</p> <p>Санкт-Петербургский государственный университет</p> <p>Синтезирован октаэдрический комплекс $[(\text{Ph}_3\text{CO})_2\text{Dy}(\text{TNF})_4][\text{BPh}_4]$, имеющий стро-го аксиальную геометрию (угол O-Dy-O равен 180°). Сильное расщепление кристалли-ческого поля, вызванное короткими аксиальными расстояниями Dy-O и идеально линей-ным углом O-DyO, приводит к возникновению медленной релаксации намагниченности с рекордным для координационных соединений анизотропным энергетическим барьером 1385 cm^{-1}. Комплекс демонстрирует люминесценцию в областях 560–600 нм и 650–670 нм, связанную с 4f9-переходами в ионах Dy^{3+}. Магнитные измерения в сочетании с <i>ab initio</i> анализом впервые обнаружили необычный механизм возникновения высокого барьера блокировки, вызванного гашением однофононных переходов между тремя низколежа-щими мультиплетами кристаллического поля комплекса, в результате большой величины энергетических зазоров между ними, превышающей энергии фононов.</p> <p>Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН</p> <p>Разработан дизайн и осуществлен синтез стабильных бирадикалов с оксовердазиль-ным и нитронилнитроксильным носителями спинов. В зависимости от строения в би-радикалах реализуются сильные внутримолекулярные обменные взаимодействия ан-тиферромагнитного или ферромагнитного характера. Знак обменного взаимодействия</p>

определяется как мостиковым фрагментом (пара- или метафенилен), так и типом оксодивергентного блока (С-связанный или N-связанный). При кристаллизации триплетные радикалы образуют уникальные одномерные обменносвязанные ферромагнитные цепочки спинов $S = 1$.

Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН

Предложен универсальный подход к синтезу гибридных дендримеров, состоящих из жесткого фениленового ядра фиксированного размера и гибкой карбосилановой оболочки различной генерации с использованием реакции азид-алкинового циклоприсоединения. Полученные дендримеры оказались высокоинформативными моделями для изучения самоорганизации содендримерных молекулярных систем. Было обнаружено, что термические свойства полученных объектов аналогичны карбосилановым дендримерам, но гибкая оболочка не препятствует образованию полиароматических доменов. При этом склонность к упорядочению снижается с увеличением размера карбосилановой оболочки, в то время как для карбосилановых дендримеров она увеличивается, что может быть объяснено недостаточной плотностью внешнего слоя у гибридных дендримеров. Данная работа создает предпосылки для более детального изучения свойств гибридных дендримеров.

Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН

Продемонстрирована возможность использования многоэлектронных кластеров смешанной валентности с двойным обменом в качестве молекулярных ячеек для квантовых клеточных автоматов. Развита электронная модель квантовых клеточных автоматов (ККА) на основе квадратных ячеек, состоящих из двух димеров смешанной валентности, с делокализованным электроном и двумя спиновыми остовами. Предложено существенное расширение класса молекул, вступающих в роли ячеек для ККА за счет включения в него магнитных димеров смешанной валентности, проявляющих двойной обмен и гейзенберговский обмен. Показано, что при определенных условиях в таких системах наряду с функцией ККА возникает дополнительная функция спинового переключения.

Институт проблем химической физики РАН

Впервые осуществлен синтез изомерных триформтилированных тиацетатов с выходами 37–52% путём нуклеофильного присоединения реагента Рупперта-Пракаша (TMSCF₃) к соответствующим тиацетатам на основе (1R)-(-)-миртеналя и (1S)-(-)-вер-

Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>бенона. Тиацетаты трансформировали в соответствующие тиолы пинановой структуры с выходами 73–90%.</p> <p>Институт Химии – обособленное структурное подразделение ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН</p>
<p>45. Научные основы создания новых материалов с заданными свойствами и функциями, в том числе высокочистых и наноматериалов</p>	<p>Разработан реакционно-диффузионный синтез новых материалов для бронезащиты с регулярной (периодической) микроструктурой. В неорганических системах взаимодействия гетерогенетических (например, углерод (алмаз) и карбид кремния) химических компонентов могут идти, при определенных условиях, в соответствии с реакционно-диффузионным механизмом Тьюринга, что позволяет получать материалы с регулярной трижды периодической структурой. Разработанная новая химическая технология на основе этих представлений позволила получить композиционный материал (алмаз – карбид кремния) – «Идеал» со свойствами, близкими к природному алмазу. Материал «Идеал» прошел испытания в качестве протрады динамическому механическому нагружению в соответствии с ГОСТ Р 50744-95 (класс защиты Br6) и показал замечательные характеристики, превосходящие существующие и используемые для этих целей в мире материалы.</p> <p>Академик РАН Шевченко В.Я., личный результат</p> <p>Разработаны новые магниты для «молекулярной индустрии» логических ячеек, устройств хранения информации и молекулярных компьютеров. Был получен и структурно охарактеризован первый реакционноспособный клатрохелат кобальта со свойствами мономолекулярного магнита, который легко претерпевал реакции замещения без разрушения магнитно-активного металл-центрированного остова, также синтезирован октаэдрический комплекс диспрозия аксиальной геометрии, являющийся люминесцентным мономолекулярным магнетиком с рекордным анизотропным барьером блокировки и демонстрирующий металлцентрированную люминесценцию. Магнитные измерения в сочетании с ab initio анализом впервые обнаружили необычный механизм возникновения высокого барьера блокировки.</p> <p>Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН Институт элементноорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН</p>

Впервые реализован способ реакционного искрового плазменного спекания (Spark Plasma Sintering-Reactive Synthesis) минералоподобных керамических матриц на основе стронциевого шеелита (SrWO_4) для иммобилизации высокоэнергетического изотопа ^{90}Sr . Способ формирования основан на реакционном “in situ” взаимодействии смеси SrO и WO_3 в условиях искрового плазменного разогрева. Накоплены новые фундаментальные данные о физико-химических особенностях динамики консолидации, фазообразования, структурного формирования, диффузионных процессов в твердой фазе при искровой плазменной обработке реакционной смеси оксидов. Способ обеспечивает высокоскоростной (минуты) синтез плотных матриц с низкой скоростью выщелачивания стронция ($10\text{--}5\text{--}10\text{--}6\text{ г/см}^2\text{--сутки}$), с его количественным содержанием в пределах до 31 масс.%, что соответствует нормативным требованиям.

Институт химии ДВО РАН

Разработана инновационная технология получения многофункционального минералоподобного щелочного титаносиликата с каркасной структурой из нетрадиционного титансодержащего сырья Кольского полуострова. Разработанный эффективный метод агломерирования сорбционных материалов обеспечивает стабильность их кинетических и сорбционных свойств. Гранулированный титаносиликатный сорбент, полученный без дополнительного введения реагентов, обладает высокой стойкостью к гидравлическим нагрузкам при скорости пропускания $250\text{--}300\text{ мл/ч}$ и стабильностью кинетических и сорбционных свойств по отношению к одно-двухзарядным катионам. Установлено, что связующим при агломерировании кристаллического титаносиликатного осадка (TiO), выделенного путем гидротермального синтеза гелеобразного прекурсора, полученного смешением растворов титановых солей – $\text{TiOSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или $(\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, натриевого жидкого стекла и щелочных реагентов до $\text{pH } 12\text{--}12,5$ при их расходе, соответствующем мольному отношению $\text{TiO}_2 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4,5\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,5\text{K}_2\text{O} : 150\text{H}_2\text{O}$, является кремнегель, образуемый из силиката натрия, присутствующего в TiO в качестве «маточника». При этом связывающая активность кремнегеля регулируется условиями водной промывки TiO . Мезопористые гранулы характеризуются достаточно широким интервалом изменения размера пор $8\text{--}40\text{ нм}$. Гранулированный сорбент, полученный без дополнительного введения реагентов, обладает высокой стойкостью к гидравлическим нагрузкам при скорости пропускания $250\text{--}300\text{ мл/ч}$ и стабильностью кинетических и сорбционных свойств по отношению к одно-двухзарядным катионам.

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Разработан способ получения особо чистых халькогенидных стекол, легированных редкоземельными металлами, с рекордно низким содержанием примесей. Исследованы оптические и люминесцентные свойства стекол. В Институте общей физики РАН на полученных образцах продемонстрирована лазерная генерация в спектральных диапазонах 4,9–5,5 мкм (Tb^{3+}) и 5,5–5,9 мкм (Pt^{3+}). Разработанные стекла предназначены для использования в различных широко востребованных приборах и устройствах специального, медицинского, аналитического и диагностического применения, остро нуждающихся в эффективных и компактных источниках когерентного излучения среднего ИК диапазона.</p> <p style="text-align: right;">Институт химии высококачественных веществ им. Г.Г. Девятых РАН</p> <p>Разработана технологически простая методика прекурсорного синтеза белых и окрашенных люминесцентных материалов на основе матрицы оксида алюминия. В качестве прекурсоров выступают твердые растворы на основе гидроксоформата алюминия и лантаноидов $Al_{1-x}Ln_x(OH)(HCOO)_2$. Получен люминофор $Al_2O_3:(Eu^{3+} \text{ и } Tb^{3+})$ со стабильным в широком диапазоне температур белым свечением: согласно координатам цветности CIE оксиды $Al_2O_3:Ln$ и твердый раствор $\gamma-(Al_{0.975}Eu_{0.005}Tb_{0.02})_2O_3$, полученные термолитом прекурсоров в атмосфере гелия и на воздухе, обладают белой люминесценцией при УФ-возбуждении. Установленный механизм возникновения свечения заключается в передаче энергии от матрицы оксида алюминия, как сенсibilизатора, к ионам Tb^{3+} и Eu^{3+}.</p> <p style="text-align: right;">Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН</p> <p>Синтезировано семейство новых мезопористых металл-органических координационных полимеров на основе двенадцатиядерных карбоксилатных кольцеобразных строительных блоков $\{Zn_{12}\}$ с участием гликолят-анионов многоатомных спиртов (этиленгликоля, 1,2-пропандиола, 1,2-бутандиола, 1,2-пентандиола и глицерина). Серия из пяти изоструктурных соединений получила название NIPS-20 (Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry). Соединения демонстрируют рекордные значения избирательной сорбции этана по сравнению с этиленом и могут найти применение в крупнотоннажной химической промышленности как сорбенты для разделения этан-этиленовых смесей</p> <p style="text-align: right;">Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения РАН</p>

Разработана технология изготовления крепежных изделий (болтов, шпилек, гаек, шайб) из термопластичных композиционных материалов на основе термостойких полимеров, включая композиты собственной разработки. Технология обеспечивает достижение прочностных характеристик крепежных изделий при растяжении не менее 85 МПа, при изгибе – не менее 85 МПа, при сдвиге – не менее 80 МПа, при сжатии – не менее 80 МПа. Крепежные изделия, изготавливаемые по разработанной технологии, могут применяться в судостроении в узлах крепления элементов насыщения. Крепеж из ПКМ также может использоваться в качестве альтернативы крепежных изделий из специальных сталей в авиастроении, космической и нефтехимической отраслях, на железнодорожном транспорте. В качестве рекомендуемых узлов крепления, где могут использоваться крепежные изделия из ПКМ, приведены: узел соединения элементов систем вентиляции и кондиционирования воздуха, узел крепления электрооборудования к корпусным конструкциям из ПКМ, узел крепления фундаментных конструкций к корпусу из трехслойных панелей, узел крепления иллюминатора к корпусным конструкциям из ПКМ, узел крепления двери к корпусным конструкциям из трехслойных панелей. По сравнению со специальным крепежом из низкомагнитной стали ЮЗ крепеж из ПКМ дешевле на 60–75%. Оценочная экономия средств при внедрении крепежа из ПКМ составляет 15–20 млн руб. на 1 судно. На основании результатов технико-экономической оценки показано, что применение крепежных элементов из термопластичных композиционных материалов целесообразно относительно крепежа из маломагнитной стали ЮЗ. Затраты для заказчиков снижаются на 75 % в случае применения композитов на основе полиамида и на 60 % в случае применения композитов на основе полиэфиркетона.

Институт высокомолекулярных соединений РАН

Разработан эффективный подход к получению 3D металл-органических координационных полимеров (МОКП) на основе порфиринилфосфонатов различного строения с уникальными значениями протонной проводимости, что обеспечивает широкие возможности для создания нового класса проводящих материалов – альтернативных источников энергии. Показано, что значение протонной проводимости, а также термическая и гидродинамическая стабильность полученных материалов, регулируется варьированием природы металла-комплексобразователя в порфирине и расположением функциональных фосфонатных групп в его составе. Значения протонной проводимости достигают значений $10^{-2} \div 10^{-3}$ С/см и являются одним из самых высоких среди аналогичных значений всех

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>описанных металл-органических координационных полимеров. Выдающееся значение данной характеристики обеспечивается дизайном молекулы порфирина. ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН</p>
<p>46. 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, включая углубленную переработку углеводородного и минерального сырья различных классов и техногенных отходов, а также новые технологии переработки облученного ядерного топлива и обращения с радиоактивными отходами</p>	<p>Разработаны фундаментальные основы получения непрерывного каркаса на основе альгината натрия и пектина с кальцийфосфатным наполнителем различного фазового состава, изучены особенности формирования микроструктуры таких композиционных материалов. Определены оптимальные составы и концентрации растворов биополимеров для формирования каркасных структур методом трёхмерной печати. Исследовано влияние концентрации, дисперсности и фазового состава кальцийфосфатного наполнителя, а также влияние соотношения и концентраций альгината натрия и пектина на вязкость полученных растворов. На основе этих данных установлены перспективные составы и концентрации для формирования композиционных матриц с возможностью использования аддитивных технологий, в частности трёхмерной печати. Полученные результаты имеют социальную значимость и вносят вклад в развитие области создания современных гибридных минерал–полимерных материалов медицинского назначения. Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН</p> <p>Установлено, что в растворе при комнатной температуре некоторые селеноорганические соединения могут обмениваться селеном с ненасыщенными молекулами. Аддукты дибромидов селена с алкенами или циклоалкенами легко обмениваются SeBr_2 с ненасыщенными соединениями, включая ацетилены, в растворе при комнатной температуре. Аналогичные реакции трансфера с алкена на алкен и с алкена в алкин протекают с аддуктами органилселенилбромидов с алкенами или циклоалкенами. Предполагаемый путь реакции включает генерацию селенираниевых катионов, которые взаимодействуют с новой молекулой алкена или алкина с переносом селеносодержащего реагента. Установлено, что эффективными реагентами для осуществления реакций трансфера являются $\text{Se}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br})_2$ и $\text{RSeCH}_2\text{CH}_2\text{Br}$. На основе реакций трансфера разработаны регио- и стереоселективные методы синтеза ранее неизвестных органил-E-2-бромвинилселени-</p>

	<p>дов, бис(Е-2-бромовинил)селенидов и других ценных селеноорганических соединений с количественными выходами.</p> <p>Иркутский институт химии им. А.Е.Фаворского Сибирского отделения РАН</p> <p>Разработаны два подхода для создания высокочувствительных газовых сенсоров. Первый из них основан на тонкопленочных нанокompозитах поли(пксиллена) и титана. Установлено, что электрические характеристики таких пленок зависят от состава воздуха. Сенсоры могут обратимо и избирательно обнаруживать отдельные вещества в атмосфере – пары воды, этанола и н-пропилбензола в концентрации несколько частей на тысячу с коротким временем отклика. Присутствие полярных молекул газа влияет на проводимость и емкость пленки нанокompозита, в то время как неполярные газы, такие как бензол и толуол, не влияют на электрические свойства. Второй подход основан на монослойных органических полевых транзисторах, обладающих сверхвысокой чувствительностью к ряду токсичных низкомолекулярных газов (аммиак, сероводород), стабильным и быстрым откликом. Сенсоры покрыты рецепторными слоями на основе различных металлопорфиринов, что позволило повысить их селективность. Концентрации определения аммиака и сероводорода составляют не менее 100 млрд–1 долей. Предложен экономичный способ изготовления таких сенсоров, основанный на методе Ленгмюра-Шеффера</p> <p>Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН</p>
<p>47. Химические проблемы получения и преобразования энергии, фундаментальные исследования в области использования альтернативных и возобновляемых источников энергии</p>	<p>Показана возможность получения этилен- и 1,2-пропиленгликолей с выходом до 20% из целлюлозы, основного компонента лигноцеллюлозной биомассы, в присутствии наиболее перспективного катализатора Ni/W2C-WC и донора водорода изопропанола. Изучены кинетики процесса, определены оптимальные условия его проведения: нагрузка Ni в катализаторе 1 вес.%, температура 245 °С, соотношения вода/изопропанол=1/0,5, субстрат/ катализатор=1,5/1, время реакции 360 мин. Муравьиная кислота является донором водорода (4,4 вес%). Впервые показано, что кукурбитурил может быть использован для промотирования нанесенных Au катализаторов в реакции получения водорода из муравьиной кислоты. В результате температура реакции может быть снижена на 170 градусов.</p> <p>Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова» СО РАН</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Разработана новая электрохимическая система $\langle \text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,15}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2 / \text{Ge} \rangle$ для литий-ионного аккумулятора. Преимущество литий-ионного аккумулятора системы $\langle \text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,15}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2 / \text{Ge} \rangle$ перед коммерческим литий-ионным аккумулятором системы $\langle \text{LiCoO}_2 / \text{C} \rangle$ заключается в более высокой удельной энергии и способности работать при пониженных температурах (до минус 55°C). Удельная энергия макета аккумулятора $\langle \text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,15}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2 / \text{Ge} \rangle$ при токе 1С составила 400 Втч/кг в расчете на массы активных веществ, что на 25% больше удельной энергии коммерческого аккумулятора системы $\langle \text{LiCoO}_2 / \text{C} \rangle$.</p> <p>Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН</p> <p>Впервые построено теоретическое описание работы протонно-керамического топливного элемента (ПКТЭ) с учетом принципиальной особенности подобных устройств – зависимости концентрации и неоднородного распределения носителей тока в оксидной протонпроводящей мембране как от внешних условий, так и от напряжения ячейки. Предложена оригинальная методика расчетов, позволяющая найти эффективные характеристики ПКТЭ. Установлены общие закономерности влияния напряжения ячейки и параметров газовых сред на характеристики ПКТЭ, работающего на влажном водороде.</p> <p>Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН</p>
48. Фундаментальные физико-химические исследования механизмов физиологических процессов и создание на их основе фармакологических веществ и лекарственных форм для лечения и профилактики социально значимых заболеваний	<p>Разработаны новые материалы (пористые кислородпроводящие) с бактерицидной активностью. Они представляют собой хлопковые ткани типа марли, волокна которой инкапсулированы слоями активного угля с привитыми производными ПВХ. Эти ткани электроно- и ионопроводящие. Ткань подключается к источникам тока с помощью вмонтированных контактов. Они могут быть найдены в специальном кармане. К этим контактам подключаются батарейки с микровыключателем. Изготовленная таким образом защитная одежда может производить активный кислород, который будет с одной стороны обеспечивать комфортное состояние людей, работающих в красной зоне, а с другой – при сорбции вирусов и бактерий в порах будет идти разложение и обеспечиваться стабильное обеззараживание ткани и атмосферы. Изделия регенерируются, достаточно прочные и</p>

доступны в изготовлении. Использование разработанного материала позволит исключить недостатки используемых в настоящее время недышащих непористых прорезиненных тканей, одежда из которых не способствует комфортной деятельности персонала и не исключает нахождение патогенов внутри.

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН

На основе промышленно доступного полисахарида разработана серия оригинальных, высокоэффективных и экологически безопасных, «зеленых», ингибиторов газогидратообразования с общей маркой «Гликан» (ТУ 20.14.71-001-19001114) для предотвращения образования газогидратных отложений в газовых, газоконденсатных и газонефтяных скважинах, а также в трубопроводных системах. Проведены опытно-промышленные испытания (ОПИ) на месторождениях Нефтеюганского, Майского, Правдинского и Приобского регионов ООО «РН-Юганскнефтегаз» – подразделения ПАО «НК «РОСНЕФТЬ», при которых все критерии эффективности программы ОПИ достигнуты в полном объеме. В результате ингибитор газогидратообразования серии «Гликан» рекомендован к промышленному применению по технологии постоянного дозирования и периодической закатке.

Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН

Впервые проведено успешное применение *in vivo* катионных липосом для реакции ацетилхолинэстеразы головного мозга после отравления фосфорорганическими соединениями путем внутривенного введения антитода – пралидоксим хлорида (2-РАМ). Данный гидрофильный кватернизованный оксим в свободном виде не способен преодолеть гематоэнцефалический барьер и реактивировать холинэстеразу центральной нервной системы. Для решения этой проблемы предложена система доставки 2-РАМ на основе катионных липосом, нековалентно модифицированных синтетическими генеральными ПАВ. Разработанная липосомальная форма позволила устранить традиционные для внутривенного применения катионных липосом недостатки, связанные с их высокой токсичностью и гематоглинуацией, и добиться 27% реактивации ацетилхолинэстеразы мозга.

Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение ФИЦ, КазНЦ РАН

Впервые проведен стереонаправленный синтез биотинилированных олигосахаридов, отвечающих фрагментам галактозаминогалактана – основного полисахарида клеточной

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>стенки и фактора вирулентности грибового патогена <i>Aspergillus fumigatus</i>. С использованием полученных соединений и специально разработанного метода для анализа иммуноагглютинирующих свойств олигосахаридов установлены иммунодетерминантные участки галактозаминогалактана, что создало основу для последующей разработки чувствительных и специфичных иммуноферментных тестов для обнаружения аллергического и бронхо-лёгочного аспергиллёза, а также направленного создания терапевтических анти-тел для лечения инвазивного аспергиллёза – опаснейшего заболевания, летальность при котором в промышленно развитых странах достигает 50% и выше.</p> <p>Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН</p>
<p>49. Фундаментальные исследования в области химии и материаловедения в интересах обороны и безопасности страны</p>	<p>Разработан эффективный и безопасный способ получения различных полимеров гексанитрогексааизоэвритана (CL-20) – перспективного компонента высокоэнергетических материалов (ВЭМ) с помощью сверхкритической кристаллизации с использованием sc-CO_2 или 1,1,1,3-тетрафторэтана (ТФЭ) в качестве антирастворителя. Таким путем удалось, изменяя параметры процесса, избирательно формировать в мягких условиях (20°C, 0,5–0,6 МПа) микрокристаллы CL-20 в α-, β- или, что наиболее важно, ε-форме, имеющей более высокую плотность и термостабильность, чем другие полиморфы этого соединения. Метод экологичен: рабочая среда легко отделяется от микрокристаллов ε-CL-20 путем декомпрессии и после реконденсации вновь возвращается в процесс. При этом исключено попадание фреона в атмосферу и отсутствует взрывоопасная стадия сушки продукта. Предложенный способ может найти применение в новых технологиях получения ВЭМ на основе ε-CL-20.</p> <p>Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН</p> <p>Создание высокоэнергетических материалов нового поколения и исследование их характеристик.</p> <p>В рамках ожидаемого результата по направлению в части «проведение исследований комплекса физико-химических свойств, баллистических и взрывчатых характеристик высокоэнергетических веществ:</p>

- новые представления по формированию взрывчатых композиций на основе штатных ВВ, перспективных ВВ и с применением высокодисперсных металлов, в том числе в наносостоянии, максимально реализующих запасенную энергию»;
- для 3,5-динитро-1Н-пиразола, одного из перспективных энергетических соединений экспериментально выделен экзотермический пик «чистого» разложения, построена корректная кинетическая модель и установлен механизм термоллиза, впервые определены значения теплоты сублимации и теплоты испарения; установлено, что при осаждении на поверхность частиц октогена в среде сверхкритического диоксида углерода полимера;
- происходит снижение чувствительности композитов к удару и трению, значительно улучшается сыпучесть и повышается безопасность их использования; определены наиболее перспективные композиции для 3d печати реакционных энергетических материалов методом послойного наплавления: определена критическая плотность и критическое давление инициирования высокоплотных зарядов из мелкодисперсных составов на основе смесей ПХА с горючими и взрывчатыми добавками; получены новые экспериментальные данные о параметрах воздушных ударных волн от приподнятых зарядов; разработана и экспериментально подтверждена безопасная технология изготовления однородной термитной смеси из нанопорошков Al/Bi_2O_3 и Al/CuO , определены величины задержки воспламенения, скорости горения и плотности энергии инициирования лазерным излучением для нанотермитов.

Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова РАН

Фундаментальные исследования в области химии и материаловедения в интересах обороны и безопасности страны

В рамках ожидаемого результата по направлению в части экспериментального изучения механизма и закономерностей капельного смешения воды и дизельного топлива для приготвления водотопливных композиций: поиск методов управления процессом капельного смешения, разработана и реализована экспериментальная методика для изучения механизма приготвления водотопливных композиций; разработан способ получения устойчивых при длительном хранении (до одного года) водотопливных эмульсий с использованием метода ультразвукового воздействия на смесь дизтоплива, воды и эмульгатора. Разработана и реализована также методика определения качественного состава и структуры водотопливных эмульсий с применением различного рода контрастирующих красителей.

Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова РАН

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Исследовано влияние модифицирования микроразмерного порошка алюминия марки АСД-4 оксидом железа на процесс его окисления в воздушной среде. Модифицирование проводили путем нанесения на поверхность частиц металла геля на основе $\text{Fe}(\text{OH})(\text{HCOO})_2$ с последующей его термообработкой на воздухе. Установлено, что присутствие оксида железа оказывает положительное влияние на динамику окисления порошка АСД-4, интенсивность окисления модифицированных порошков повышается с увеличением содержания в них оксида железа. С использованием рентгенструктурного анализа изучены продукты окисления и кинетика тепловыделения при сгорании модифицированного порошка АСД-4. +</p> <p>Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН</p> <p>С целью разработки метода синтеза полимеров, содержащих карбонатную функциональную группу в боковой цепи, исследована реакция перэтерификации диалкилкарбонатов и фторсодержащих карбонатов полимерным ароматическим спиртом – поли(4-винилфенолом). Состав полученных продуктов характеризовали данными элементного анализа, ИК-Фурье спектроскопии и термogrавиметрии с ИК-идентификацией продуктов разложения. Установлено, что наряду с карбалкокислированием реализуется сшивка полимера. Степень функционализации зависит от состава использованного карбоната. Максимальная степень карбалкокислирования достигнута при использовании этил-2,2,3,3-тетрафторпропилкарбоната.</p> <p>Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского Уральского отделения РАН</p>
<p>VI. Биологические науки</p> <p>50. Биология развития и эволюция живых систем</p>	
	<p>Опубликованы результаты многолетнего изучения биоморфных микроструктур оксидных железомарганцевых руд, рассмотрены условия развития и этапы эволюции бактериальных сообществ, формирующих руды. Основное внимание уделено вопросам типизации микроструктур, выявлению особенностей жизнедеятельности бактериальных сообществ, влияющих на формирование структуры оксидных руд и определяющих основы железомарганцевого рудообразования.</p>

Выявлена морфогенетическая основа возникновения спирали стебля и противоложного ей изгиба кроны у палеозойских морских лилий миелодактилид, связанная с вторичным адаптивным использованием ключевых онтогенетических процессов, появившихся при формировании плана строения пятилучевых иглокожих во время перехода их свободноплавающего предка к прикрепленному образу жизни. Тем самым показано, что ключевые онтогенетические процессы, формирующие план строения животных, могут быть использованы для новых частных адаптаций без потери своей основной морфогенетической функции необходимого звена в цепи онтогенеза.

Анализ палеобиогеографических аспектов возможных расселений древних людей в середине раннего плейстоцена, выполненный на основе данных изучения фауны Трлика TRL11–10 Черногории (1,8–1,5 млн л.н.) первые представители Номо могли прийти на Балканы ранее 1,5 млн л.н. – видимо, как обитатели экотонов с фаунистическими дисперсионными волнами, обусловленными усилением аридности в Африке, а также континентальности и аридности в Центральной Азии при глобальном похолодании около 1,8 млн л.н. Особый интерес представляет находка в Трлице четырех костных артефактов антропогенного характера (костяных орудий), предположительно, первых свидетельств самого раннего вселения Номо в европейское Средиземноморье.

ПИН РАН

Выявлены закономерности морфогенеза репродуктивных структур у видов сем. Asteraceae, Campanulaceae, Crassulaceae, Dioscoreaceae, Euphorbiaceae, Rapaoniacaceae и ряда др. с альтернативными моделями развития. Разработан метод математического анализа молекулярных путей в системе взаимодействия генов, участвующих в процессах морфогенеза; предложена модель морфогенеза, основанная на роли эпигенетического кода, в регуляции развития зародыша, начиная со стадии зиготы; показано значение эпигенетического контроля для адаптации к стрессу растений.

На большом объеме материала БД «Глобальные пространственное распределение таксономического разнообразия покрытосеменных» (264,6 млн записей) выполнен детальный мета-анализ данных для Magnoliopsida, при проведении которого отдельно выделены жизненные формы деревьев, кустарников и трав. Подтверждено, что экспансия тех таксонов двудольных, которые возникли в ходе эволюции как древесные формы, началась в позднем мелу из экваториальной области в сторону высоких широт, а травы и кустарники распространялись, начиная с раннего олигоцена и вплоть до плиоцена из высоких широт на юг.

БИН РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Впервые показано, что Робертсоновские транслокации (центрическое слияние хромосом) наряду с химическими мутагенами или радиацией могут быть вызваны мутациями генов, ответственных за компактную структуру хроматина прицентромерных областей. Установлен ключевой ген, кодирующий фактор базовой транскрипции Ttf2, мутации которого могут привести к риску патологических генетически наследуемых синдромов человека (синдром Патау и синдром Дауна). Выдвинута гипотеза об эволюционной роли Ttf2 в индукции центрального слияния хромосом, создании новых кариотипов и видообразования.</p> <p>Изучены морфогенезы нормального развития двух видов кишечнодышущих (Cnidaria): <i>Cyrtia hemisphaerica</i> и <i>Lucernaria quadricornis</i>. Оба вида формируют эндодерму с помощью эпителиально-мезенхимального перехода (EMT). Сравнительный анализ показывает, что основные черты эмбриональных EMT являются общими для Cnidaria и Bilateria, и могут быть прослежены до корней филогенетического дерева Metazoa. Реконструирована обратная связь между изменением формы клеток, их поведением, и формой эмбриона. Клетки презумптивной эндодермы генерирует силы, которые меняют форму эмбриона в процессе гаструляции и морфологической дифференцировки оси тела личинки. Подтверждено, что «глобальный контроль» морфогенетических процессов полем механических напряжений – один из наиболее древних способов поддержания устойчивости развивающейся системы.</p> <p>В результате исследования биологии клеток – потенциальных источников регенерации сетчатки у позвоночных животных и человека. Выяснено, что пигментный эпителий сетчатки и радужки, клетки цилиарной зоны глаза и глиальные клетки Мюллера имеют сходство, а именно «готовность» к конверсии в нейрональное направление в пермисивных условиях микроокружения. «Готовность» обеспечена сочетанием молекулярно-генетических и эпигенетических свойств, характерных как для ранних прогениторов при ретиногенезе, так определяющих специализацию этих клеток в сетчатке. На основе дефекции липофусцина и двуядерности клеток на тотальных препаратах пигментного эпителия сетчатки крыс альбиносов в условиях освещения выявлено ранее (от 2 нед. до 2 мес. постнатального развития) старение ткани.</p> <p style="text-align: right;">ИБР РАН</p>

Изучено распространение на территории Эфиопии видов-двойников многососковых крыс рода *Mastomys*, которые являются основными вредителями сельского хозяйства и переносчиками возбудителей особо опасных инфекций. У многососковых крыс *Mastomys natalensis* западной Эфиопии найден и описан новый вид непатогенного для человека маммаренавируса Dhati-Welel (близкородственного, однако, возбудителя опасного заболевания, лихорадка Ласса). Показано, что каждая из 6 филогрупп этого широко распространенного в Африке вида несет формоспецифичный для нее вирус рода *Mammaronavirus*.

ИПЭЭ РАН

Впервые на примере березы повислой показана возможность регулировать направление деления клеток камбия введением растворов сахарозы разной концентрации. При возрастании сахарозы вместо периклинальных делений, типичных при формировании вертикальных структурных элементов древесины, начинают преобладать антиклинальные деления, приводящие к нарушению ориентации сосудов и волокон в древесине. Увеличение частоты антиклинальных делений камбияльных клеток в вариантах с 10% и 20% растворами сахарозы совпадает с усилением паренхиматизации тканей в этих вариантах. Результаты исследований могут стать фундаментальной основой для разработки способов управления ксилогенезом с целью выращивания древесины с заданными свойствами.

ИЛ КарНЦ РАН

Палеоботанические данные для реконструкции включают 54 палеофлоры Приморья в интервале от раннего палеоцена до позднего олигоцена включительно указывают на присутствие на протяжении всего палеогена мезофитной лесной растительности. Более высокая, чем современная, пространственная однородность палеогеновой растительности совпадает с небольшими градиентами температуры и значительно более влажным региональным режимом осадков над Приморьем в течение палеогена.

ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН

Жаброногие ракообразные водоемов Северной Якутии во время климатического оптимума MIS3 в плейстоцене (около 40 тыс. лет назад) были представлены как таксонами, присутствующими и сегодня в этом районе, так и таксонами, в настоящее время отсутствующими или необычными в регионе, но широко распространенными в аридной зоне Евразии. Безаналоговые сообщества жаброногих ракообразных существовали в конти-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ненатальных водоемах Северо-Востока Евразии одновременно с безаналоговыми наземными сообществами («Мамонтовой Фауной» и тундростепью). ИПЭЭ РАН</p> <p>В результате анализа геномной структуры четырех генов семейства <i>Noggin</i> у миног как представителей наиболее древней ветви современных позвоночных были получены данные, подтверждающие гипотезу о двух рандомах дупликации генома у предков позвоночных. Открыт новый механизм регуляции активности генов, определяющих плюрипотентный статус эмбриональных стволовых клеток основанный на способности цитоскелетного белка <i>Zuxin</i> вытеснять мРНК генов плюрипотентности из комплексов с мРНК-стабилизирующим белком <i>Ybx1</i>, что ускоряет деградацию этих мРНК. ИБХ РАН</p>
<p>51. Экология организмов и сообществ</p>	<p>Обнаружено, что хищный зоопланктон (циклопоиды) более активно и избирательно поедает церкарий трематод (расселительные стадии паразитов), чем инфузорий, которые считаются основным их кормом. Показано, что с повышением температуры – молоддь микижи заражалась сильнее, а присутствие моллюсков на треть снижало риск этого заражения. Моллюски заметно снижали риск передачи инфекции при разных температурных. Полученные результаты демонстрируют важную роль водных беспозвоночных как регуляторов распространения паразитарных инфекций, что можно использовать для контроля паразитов в аквакультуре.</p> <p>Анализ пространственно-временной изменчивости термодинамических переменных в бореальных и тропических лесах, выполненный на основе данных дистанционной информации, показал принципиальное сходство функционирования и терморегулирующей функции лесной растительности различных биомов. В сукцессионном ряду от луговых антропогенных сообществ до зрелых лесов происходит увеличение затрат энергии на испарение и рост производства энтропии. Показано, что испарение влаги лесной растительностью в течение вегетационного сезона в бореальных лесах и в течение всего года в тропических охлаждает приземный слой воздуха в среднем на 4°C. ИПЭЭ РАН</p>

Разработана, проверена по наземным данным и апробирована методика дистанционного мониторинга для выявления пожароопасных торфяников и оценки эффективности их обводнения. Результаты 10-летнего мониторинга обводнения в Московской области показали снижение числа и площади торфяных пожаров и восстановление площади водно-болотных угодий. Методика верифицирована согласно требованиям МГЭИК (IPCC) и стала основанием включения, впервые для Российской Федерации, обводненных торфяников в «Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов», не регулируемых Монреальским протоколом.

ИЛАН РАН

На ранних этапах сукцессии, вызванной гибелью самшита *Viburnum colchica*, на территории Хостинской тисо-самшитовой рощи отмечено 58 видов чужеродных растений, 14 из которых активно внедряются в естественные лесные фитоценозы. На площадках 400 м² выявлено 1–8 чужеродных видов травянистых растений, что составляет от 8 до 57% от их общего числа. Наиболее высокой конкурентоспособностью чужеродные виды обладают на участках с высокой сомкнутостью крон деревьев, где из-за низкой освещенности в нижнем ярусе хорошо выраженные доминанты отсутствуют.

ИЭГТ РАН

Впервые определены и проанализированы характеристики популяции непарного шелкопряда (*Lymantia dispar*, азиатская форма) в эруптивной фазе многолетней динамики численности. Показано, что основным фактором смертности гусениц явилось развитие инфекции вируса ядерного полиэдроза. Значительное снижение численности популяции частично обусловлено полоспецифичным паразитизмом и умеренной плодовитостью самок.

ИВЭП ДВО РАН, ИСиЭЖ СО РАН

Создан архив данных дистанционного слежения за животными в Арктике за последние 30 лет (более 15 миллионов точек данных о местонахождении 96 видов). Показано, как меняется фенология и жизненные стратегии некоторых видов животных в ответ на климатические изменения. Показана зависимость прилета на места гнездования хищных птиц, имеющих различные миграционные стратегии, от динамики границы снеготаяния весной.

ИЭРиЖ УрО РАН

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Разработана система аппроксимации хода роста древостоев (САХР), предназначенная для прогнозной оценки поглощения углерода фитомассой при осуществлении проектов по лесовосстановлению и лесоразведению в аридных условиях. Систему можно применить к прогнозированию поглощения углерода фитомассой посадками иных лесобразующих пород при нахождении параметров уравнений регрессионным методом или на основе допущений о стартовых и предельных значениях густоты и средней высоты.</p> <p>ЦЭПЛ РАН</p>
52. Биологическое разнообразие	<p>Исследованы биоразнообразие и закономерности географического распространения различных групп протистов в природных морских и солоноватых местообитаниях. Описаны новые виды амёб из отряда <i>Dactyloporidida</i> и инфузорий, в том числе из детально изученного рода <i>Rapamiesium</i>. Впервые изучена ультраструктура и получены транскриптомные данные ряда уникальных видов жгутиконосцев, в частности новой линии хищных жгутиконосцев, родственной многоклеточным животным, <i>Tunicatartar unicontum</i>. Получены уникальные данные по разнообразию гетеротрофных жгутиконосцев и центрохелидных солнечников из морских вод Кюрасао (Нидерландские Антильские острова). Выявлены новые закономерности в эволюции покровных структур и цист солнечников.</p> <p>В результате таксономических ревизий описаны один новый для науки род и 7 новых для науки видов рыб из семейств бельдюговых, круглоперых, липаровых и скорпеновых; 5 видов камбал сведены в синонимию. Опубликовано 2 Каталога по рыбам отрядов Auloripiformes, Mucropteroformes и семейства Cyclopteroideae.</p> <p>ЗИН РАН</p> <p>Разработана и опубликована «Концепция классификации растительности России как отражение современных задач фитоценологии». Подготовлен чек-лист синтаксонов растительности Российской Арктики. Обобщены результаты 20-летнего мониторинга растительного покрова восточноевропейской Арктики, свидетельствующие о стабильности состава и структуры тундровых сообществ, за исключением участков, где происходит разрушение ландшафтов.</p>

Подведены итоги изучения биоты микомицетов России за 250 лет. Создан и протестирован информационный ресурс (<https://dna.mycomycetes.org/>), а также БД для хранения нуклеотидных последовательностей ДНК-штрихкодов гена 18S рРНК микомицетов, полученных из гербарных образцов плодовых тел.

Опубликован «Определитель высших растений Якутии»; завершены систематические обработки Однодольных для 4-го тома «Конспекта флоры Восточной Европы» и ряда Двудольных (Fabaceae, Rosaceae, Lamiaceae, Scrophulariaceae и др.) для 5-го тома этого издания; продолжена комплементация завершающего тома сводки «Конспект флоры Кавказа» (подклассы Rosidae, Lamiidae). Описано 36 новых для науки видов, 9 разновидностей и форм, 1 род и 1 секция.

Проведено изучение разнообразия лишайников и мохообразных в 20 административных регионах России, в результате которого впервые найдены на территории страны 49 видов лишайников и 3 вида мохообразных, более 300 видов являются новыми для административных регионов. Проведена ревизия сем. Rametaceae для 3-го тома «Флоры лишайников России», составлены ключи для определения 22 родов и 90 известных для лишайнофлоры России видов.

БИН РАН

Описаны один новый для науки род и 16 новых видов морских костистых рыб из 10 семейств 8 отрядов.

Издан каталог жуков-усачей Палеарктики (около 6,5 тыс. видов более чем 900 родов). Каталог важен для контроля распространения карантинных вредителей.

Анализ результатов 166 долгосрочных исследований изменения численности насекомых в 1676 экосистемах в период между 1925 и 2018 гг. показал, что в мировом масштабе обилие наземных насекомых в среднем сокращается на 0,92%, а обилие насекомых, обитающих в пресной воде, увеличивается на 1,08% ежегодно. Тенденции изменения обилия насекомых существенно разнятся на разных континентах и сильнее выражены в регионах, испытывающих сильное антропогенное воздействие. Возможными причинами изменения обилия насекомых могут быть разрушение естественной наземной среды обитания, особенно в результате урбанизации и эвтрофирование пресных вод.

Ревизия таксономического разнообразия членистоногих животных в Арктике позволила вчетверо увеличить список видов ряда групп на Таймыре за счет описания новых видов и изменения ареалов. Показано, что за последние десятилетия лидерство в комплексе мелких млекопитающих Большеземельской тундры, как и в других секторах Ар-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>ктики, перешло от леммингов к полевкам. Установлено, что в озерах Высокой Арктики видовая структура зоопланктона подвержена резким сезонным сменам, а суточный пик активности наземных членистоногих в условиях полярного дня может быть скоррелирован у отдельных видов с уровнем освещенности, температурой или влажностью.</p> <p>Разработана и запатентована специальная программа ENM-R (Ecological niche modelling using R) на языке R, реализующая математические модели и алгоритмы для оценки темпов важнейших инвазий наземных и водных чужеродных организмов в различные экосистемы в условиях изменения климата. Программа позволяет оценивать и сравнивать пространственное распределение и реализованные экологические ниши видов для трех наборов баз данных MARSPEC, HydroSHEDS, BioClim, характеризующих морские, пресноводные и наземные экосистемы.</p> <p>Анализ изменения численности массовых видов лесных воробьиных птиц, обитающих в гнездовое время на территории лесной зоны Европейской России за последние 40 лет показал снижение на 20–30% (с 370 млн. до ок. 225 млн. условных пар).</p> <p style="text-align: center;">ИПЭЭ РАН</p> <p>Опубликована коллективная монография «Флора мхов России», в которой представлены данные о 259 видах из 24 семейств подкласса Bryoidae. Издание содержит ключи для определения, описания и иллюстрации всех видов, а также данные об особенностях их местообитаний и о распространении по 117 регионам России.</p> <p>Составлен список чужеродных видов, естественных фитоценозов Дальнего Востока. Получены сведения о распространении, местообитаниях и инвазионном статусе 116 чужеродных видов, 32 семейств, 99 родов. В настоящее время 76 видов натурализовались, еще 18 видов находятся на начальных этапах натурализации.</p> <p style="text-align: center;">ГБС РАН</p> <p>Опубликован полный каталог крупнейшего семейства жуков Tenebrionidae в пределах Палеарктики, включающий около 7 тыс. видов и подвидов, всю синонимию, номенклатурные акты и распространение.</p> <p style="text-align: center;">ПИБР ДФИЦ РАН</p>

	<p>Подготовлено для включения в коллекцию гербария сосудистых растений ПАБСИ около 1000 листов М.Н. Кожина из разных районов Мурманской области. На базе Ботанического музея Университета г. Хельсинки проведена оцифровка 554 карт, на которых представлено распространение всех видов «Флоры Мурманской области (1952–1966)». Набор данных включает 25 555 записей о встречаемости растений, принадлежащих 1 073 видам и 5 гибридам. В основе лежали гербарные образцы, хранящиеся в КРАBG и LE, собранные в 1837–1965 гг. Набор данных опубликован и передан в GBIF https://doi.org/10.15468/ub7xkx.</p> <p style="text-align: center;">ПАБСИ КНЦ РАН</p> <p>Установлено, что на территории Берингии при разновременных обменах между Азией и Северной Америкой хомякообразных грызунов трех основных триб (<i>Arvicolini</i>, <i>Myodini</i> и <i>Lemmini</i>), цестоды рода <i>Alostgilepis</i> минимум четыре раза проникли из Азии в Северную Америку и дважды в обратном направлении. Периодические волны географических экспансий хозяев способствовали рассредоточению паразитов, что привело к сложной мозаике ассоциаций хозяин/паразит и положило начало новым возможностям для видообразования у паразитов.</p> <p style="text-align: center;">ИБПС ДВО РАН</p>
<p>53. Общая генетика</p>	<p>В результате изучения мобильных генетических элементов (МГЭ) в геномах моллюсков была выявлена новая группа ДНК-транспозонов суперсемейства <i>ITm</i>, которую мы назвали <i>TLEW1</i>. ДНК-транспозоны <i>TLEW1</i> присутствуют только в классе двусторчатых. <i>TLEW1</i> обладают чертами кооптированных МГЭ: одиночные копии и потеря способности к транспозициям. Ген, кодирующий фермент транспозазу, содержит сплайс-сомные интроны, что не характерно для ДНК-транспозонов. Результаты исследования будут способствовать развитию знаний о коэволюции МГЭ и геномов многоклеточных, механизмах кооптации МГЭ геномом хозяина и интронизации генов эукариот.</p> <p style="text-align: center;">ФИЦ ИНБЮМ</p> <p>Разработана новая тест-система для детекции SARS-CoV-2, сочетающая полимеразную цепную реакцию (ПЦР) с техникой изотермической амплификации нуклеиновых кислот. Тест система основана на сочетании подходов PCR-LAMP и позволяет детектировать нуклеиновую кислоту SARS-CoV-2 с большей чувствительностью и скоростью, что позволяет использовать ее для практического применения.</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Проведено районирование генофонда народонаселения России и сопредельных стран. Выделены 29 групп популяций, обладающих контрастными частотами аллелей при сравнении друг с другом, но при этом относительно гомогенных внутри себя. Для таких популяционных объединений предложен термин «этногеографические группы (ЭГГ)». Построена карта, демонстрирующая деление народонаселения на территории – ареалы ЭГГ.</p> <p>У проанализированных 62 сортов яблоны поволжской народной селекции, было выявлено 92 аллельных варианта по десяти изученным микросателлитным локусам. Уровень ожидаемой гетерозиготности оказался высоким и составил 0,73. Из всех идентифицированных аллельных вариантов 15,2% оказались уникальными, а 35,9% – редкими. Выявлены группы образцов идентичных по аллельному составу. Четкой дифференциации образцов по сортам не наблюдалось.</p> <p style="text-align: center;">ИОГен РАН</p>
	<p>Предложена новая модель формирования робертсоновских транслокаций на основании изучения кариотипа алайской слепушонки <i>Ellobius alaius</i>, который изменяется чрезвычайно быстро благодаря робертсоновским перестройкам, и новая комбинация хромосом может закрепиться в течение всего 30 лет. Обнаружен механизм быстрой эволюции хромосомного набора при изучении мейоза у слепушонок из Алайской долины.</p> <p style="text-align: center;">ИОГен РАН, ИБР РАН</p>
	<p>Проведено исследование феномена параллельной эволюции у самого изменчивого вида позвоночных животных – арктического гольца (<i>Salvelinus alpinus</i>) с помощью анализа экологической, фенотипической и геномной изменчивости симпатрических экотипов (экологических форм) в озерах Шотландии и Забайкалья. Показано, что адаптация к сходным экологическим условиям сопровождается значительным параллелизмом в экспрессии генов транскриптома (44102 генов), что подразумевает параллелизм в регуляторных механизмах, обуславливающие сходство морфологии и физиологии независимо возникающих и эволюционирующих экотипов в разных частях обширного циркумполярного ареала <i>Salvelinus alpinus</i>.</p> <p style="text-align: center;">ИБР РАН, ИОГен РАН</p>

	<p>Установлено единое происхождение популяций сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i>) в Восточном Причерноморье. Их отличия от популяций основного ареала сосны свидетельствуют о длительной изоляции, подобной изоляции анклавов вида на Пиренейском и Апеннинском полуостровах. Показано, что разделение популяций сосны произошло примерно 1 млн лет назад. Выявлены свидетельства гибридного происхождения популяций сосны на Кавказе.</p> <p style="text-align: center;">ИЭРиЖ УрО РАН</p> <p>Получены первые для науки данные о предполагаемых вторичных структурах РНК малой субъединицы рибосом у трематод. Отсутствие строгой специфичности к определенным местам или видам окончательных хозяев свидетельствует о высокой скорости распространения паразита по эндемичным регионам.</p> <p style="text-align: center;">ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН совместно с Университетом Мельбурна (Австралия), Китайской Академией Сельскохозяйственных наук (КНР)</p>
54. Почвы как компонент биосферы (формирование, эволюция, экологические функции)	<p>Впервые показано, что торфяники могут быть использованы в качестве объектов палеомагнитных исследований. На торфяном разрезе болотного массива в междуречье рек Хор и Кия (Хабаровский край) выявлены горизонты, формирование которых связано с геологическими событиями голоцена. В горизонте 50–75 см установлена отчетливая вариация наклонения вектора остаточной намагниченности, которая по времени соответствует экскурсу геомагнитного поля «Этруссия» (2500 лет назад). По наличию космических магнетитовых и углеродных сферул, частиц самородного железа и никеля установлено, что формирование горизонта (75–100 см) связано с импульсным событием, произошедшим около 5000 лет назад.</p> <p style="text-align: center;">ИВЭП ДВО РАН, совместно с Институтом тектоники и геофизики ДВО РАН</p> <p>Впервые установлен факт интенсификации накопления тяжелых металлов конкретными почв техногенных ландшафтов. В конкрециях загрязненных почв формируются специфичные Fe-Mn фазы, в которых ионы Fe являются активными центрами фиксации металлов. Накопление металлов конкрециями сопровождается снижением подвижности элементов и ограничением поступления в объекты окружающей среды. Исследование восстановления нарушенных почв методом фитомелиорации в течение 13-летнего периода показало, что содержание гумуса достигло среднего регионального уровня, но гумус-</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>совые кислоты не формируют стабильных ионно-гумусовых комплексов и содержание тяжелых металлов в почвенном растворе остается высоким. Временной интервал оптимальный для восстановления агрономически ценных свойств почв при самозаращении нарушенных территорий на юге Дальнего Востока составил 25–30 лет.</p> <p>ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, ДВГИ ДВО РАН и ФНЦ Агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки</p>
55. Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов	<p>Охарактеризованы неисследованные ранее микробные сообщества гидротерм Чукотки, и установлено, что основными продуцентами органического вещества в них являются бактерии филума Aquificae. Выявлены новые свойства гипертермофильных архей филума Crenarchaeota: показана способность к росту на СО с образованием водорода у <i>Thermophilum adonatum</i> и способность к сульфатредукции у <i>Candidatus 'Vulcaniseta tounpovskia'</i>, обладающей архейным набором генов, необходимых для осуществления этого процесса.</p> <p>Впервые получены данные о механизмах ответа микроорганизмов на концентраты сульфидных руд и о стратегиях защиты ацелофильных хемолитотрофов от токсического действия золотосодержащих сульфидных концентратов.</p> <p>На основе анализа доступных геномных и метогеномных последовательностей изучено генетическое разнообразие генов хитиназ семейства GH18 гликозил-гидролаз, кодируемых в геномах представителей филы Acidibacteria. Путем скрининга базы данных метатеномов продемонстрировано широкое распространение ацидобактерий, обладающих хитиназами, в мерзлотных почвах, северных болотах и торфяниках.</p> <p>Совместно с группой А.Н. Островского из СПбГУ впервые показано наличие вирусоподобных частиц, ассоциированных с симбионтами фуникулярных тел мшанок (Bryozoa) ФНЦ Биотехнологии РАН</p>
56. Физиология и биохимия растений, фотосинтез, взаимодействие растений с другими организмами	<p>На основании экспериментальных и теоретических расчетов обнаружено, что длинноволновые, широкополосные спектральные формы фотосистемы-1 являются мономерами хлорофилла. На базе фемтосекундных кинетических измерений при комнатной</p>

	<p>температуре построена модель захвата энергии возбуждения реакционным центром фотосистемы-I.</p> <p>ФИЦ Биотехнологии РАН</p> <p>На примере кукурузы впервые установлено, что гиперсигнализация цитокининов в за- рождающихся листовых зачатках может перепрограммировать паттерны развития листьев. Получены культуры клеток ценных видов лекарственных растений, в том числе вось- ми видов тиса – продуцентов протоонкогенных дитерпеноидов, трех видов женьшеня. ИФР РАН</p> <p>На основе результатов фемтосекундных оптических измерений и анализа моделей исследованы особенности участия молекул воды в первичной фотохимии в реакцион- ных центрах (РЦ) <i>Rhodobacter sphaeroides</i> R-26. Сделано заключение о присутствии в РЦ-комплексах различных пулов молекул воды, удаление/смещение которых оказывает специфическое влияние на скорости и выходы реакций переноса электрона. ИФПБ ФИЦ ПНЦБИ РАН</p>
<p>57. Структура и функции биомоле- кул и надмолекулярных комплексов, протеомика, биокатализ</p>	<p>Получены и проанализированы пространственные структуры функциональных доме- нов ряда эукариотических архитектурных белков, а также двух холодоактивных эстераз, относящихся к подсемействам бактериальных гормон-чувствительных липаз. На основа- нии анализа структур генетически-кодируемых сенсоров на ионы кальция был предло- жен ряд мутаций, влияющих на индикаторные характеристики этих белков. Под воздействием гликированного альбумина в скелетной мышце активируется се- креция ключевых воспалительных цитокинов. Таким образом, был обнаружен ранее не- известный механизм развития резистентности к инсулину у больных сахарным диабетом. Сконструированы штаммы-продуценты рекомбинантных нативных и мутантных ну- клеозидфосфорилаз (NP) из различных бактерий. Изучена термостабильность полученных белков. Получены кристаллы ряда нативных и мутантных NP и определены их структуры. Проведен филогенетический анализ мультигенного семейства лакказ дереворазруша- ющих грибов белой гнили рода <i>Peniophora</i> sp. Клонированы два дополнительных гена ба- зидиомицета <i>Peniophora lycii</i> (порядок Russulales; семейство Peniophogaceae). Получен в гомогенном состоянии изофермент лакказы, идентифицированный как продукт гена <i>lac5</i>. Проведено сравнительное изучение физико-химических, биохимических и каталитиче- ских свойств лакказы <i>Lac5</i> и мажорной формы <i>lacA</i> <i>Peniophora lycii</i>.</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Показано, что тиолы белков в составе комплексов Fe с NO защищены от окисления органическими гидропероксидами при окислительном стрессе. Установлено, что пероксинитрит, объединяющий свойства активных форм кислорода и азота, является не только токсическим агентом, но и сигнальной молекулой, ответственной за редокс регуляцию метаболизма. Показано, что полигидроксидибутират защищает клубеньковые бактерии в глубинной культуре от окислительного стресса, а растительный гормон эпибрассинолид защищает симбиотическую систему люпина от негативных воздействий, вызванных паразитическими грибами и насекомыми.</p> <p style="text-align: center;">ФИЦ Биотехнологии РАН</p> <p>Проведен анализ влияния нокаута гена YB-3 и совместного нокаута генов YB-1 и YB-3 на транскриптом (методом RNA-Seq) и протеом (по данным транскриптома Ribo-Seq) клеток HEK293T. Оказалось, что при нокауте YB-3 на уровне транскрипции достоверно изменилась экспрессия около 3000 генов, а занятость рибосомами (число рибосомный футпринтов) изменилась для 4000 генов. В клетках с двойным нокаутом Y-бокс-связывающих белков число дифференциально экспрессируемых генов как по данным RNA-Seq, так и по Ribo-Seq примерно в 1,5 раза выше. Данные Ribo-Seq хорошо коррелируют с изменениями в RNA-Seq (коэф. корреляции Пирсона 0,73–0,78), что говорит о том, что в основном изменяется количество мРНК, а не их транслируемость.</p> <p>Определена структура белка T5-DUT (фагоспецифическая dUTPаза, необходимая для эффективной сборки капсид бактериофага T5) с разрешением 2,2 Å. Сравнение с известной структурной гомотримерного фермента клетки-хозяина (E.coli-DUT) показало их большое сходство: единственным отличием оказалось наличие в структуре T5-DUT дополнительной аминокислотной последовательности (30-GTNPAA-35), формирующей петлю (выступ) на поверхности гомотримера. Получена генетическая конструкция, кодирующая белок T5-DUTm, у которого указанная выше аминокислотная последовательность отсутствует. Как и предполагалось, этот белок сохранил dUTPазную ферментативную активность, но потерял способность участвовать в процессе сборки капсид. Полное сходство пространственной структуры T5-DUTm с таковой E.coli-DUT подтверждено экспериментально.</p> <p style="text-align: right;">ИБ РАН</p>

Определена уникальная структура О-антигена *Herbaspirillum frisingense* GSF30, со-держашего колитозу – чаще идентифицируемую в составе иммунодоминантных компо-нентов О-антигенов *Enterobacteriaceae*.

Изучены структурные основы механизмов функционирования ряда клеточных рецеп-торов и других мембранных белков. Разработаны подходы на основе ЯМР-спектроско-пии для исследования олигомеризации мембранных доменов в средах, имитирующих мембранное окружение.

Методами бесклеточного синтеза получены образцы потенциал-чувствительного до-мена из третьей субъединицы Na⁺ канала человека Nav1.4, в том числе изотопно-меченые. Впервые было обнаружено взаимодействие домена с лигандом (токсинном из яда паука), модулирующим активность, и оценена энергетика этого взаимодействия. Также была ис-следована структура и динамика ряда пептидных регуляторов ионных каналов, токсинов и мембраноактивных антимикробных пептидов.

С помощью методов молекулярного компьютерного моделирования исследованы структура, динамическое поведение и механизмы работы ряда важных интегральных и периферических мембранных белков.

Разработан новый подход на основе метода квантовой механики/молекулярной меха-ники (QM/MM) и funnel-метадинамики с использованием возможностей суперкомпьюте-ра для направленного изменения реакционной способности иммуноглобулинов (Ig). Этот универсальный алгоритм был с успехом использован для объяснения стереоселективно-сти мутантных антител по отношению к Р-хиральному фенилфосфонату.

Получены данные о кластере синтеза антибиотика амикумазина, выявлена уникальная киназа, обладающая наномолярной константой диссоциации с субстратом. Определена пол-ногеномная последовательность микроорганизмов *Bacillus velezensis* BZR 336g и *Bacillus velezensis* Strain BZR 517– потенциальных носителей антибиотических соединений.

Проведена оптимизация свойств биосенсора NuReg3 для регистрации внутриклеточ-ного пероксида водорода. Был проведен направленный мутагенез флуоресцентного ядра и получены два варианта, которые отличались повышенной яркостью по сравнению с исходной версией белка, а также демонстрировали меньшую pH-зависимость в физиоло-гическом диапазоне.

ИБХ РАН

Методом трансмиссионной электронной микроскопии исследовано взаимодействие синтезированных ранее аналогов пиримидиновых нуклеозидов с заместителями в 5-м

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>положении гетероциклического основания с клетками <i>Mycobacterium tuberculosis</i> штамма дикого типа H37Rv. Показано, что рост клеток <i>M. tuberculosis</i> H37Rv эффективно ингибируется этими соединениями. Этот процесс сопровождается накоплением липидных внутриклеточных вакуолоподобных включений в клетках, появлением глубоких выступов и углублений на поверхности, частичным и / или полным разрушением трехслойной оболочки клетки.</p> <p>Разработан количественный метод мультиплексного иммуноанализа на биочипах восьми биомаркеров воспаления, включая острофазные белки (С-реактивный белок и белок сывороточного амилоида А), а также цитокины (IL-6, IL-8, IL-17, IL-18, IP10/ CXCL10, TNFα).</p> <p>На основе анализа данных метилирования проекта TCGA, полученных для рака предстательной железы (РПЖ), идентифицированы CrG сайты генов, ассоциированные с неблагоприятным прогнозом пациентов группы высокого риска: cg00063748 (ген PRDM16), cg06834698 (ген OR10A3), cg18607127 (ген RP11-844P9.2), cg02157224 (ген C8orf86), cg01704198 (ген CLASP2) и cg02067712 (ген GSX1). Для CrG сайтов cg01704198 и cg02067712 выявлено гиперметилирование. Идентифицированные CrG сайты являются потенциальными маркерами неблагоприятного прогноза для пациентов с РПЖ группы высокого риска.</p> <p style="text-align: center;">ИМБ РАН</p> <p>Из морской губки <i>Naliclona gracilis</i> выделено семь новых полиоксигенированных стероидов, грацилосульфаты А-С, принадлежащих к новой структурной группе природных стероидов. Показано, что пять из этих соединений в микромолярных концентрациях способны ингибировать экспрессию простатоспецифического антигена (PSA) в гормонезависимых клетках рака предстательной железы человека, что свидетельствует об ингибировании андрогенрецепторной сигнализации, центральной мишени для лечения запущенного рака простаты.</p> <p style="text-align: center;">ТИБОХ ДВО РАН</p>

Для изучения механизмов неканонической эукариотической инициации трансляции была создана матричная РНК с лидером бета-глобина кролика, все аденины в которой были метилированы в 6-м положении (N6-метиладенозин, m6A). Образование рибосомных 48S инициаторных комплексов на стартовом кодоне такой модифицированной мРНК исследовали с помощью метода ингибирования удлинения праймера (тупринтинг). Оказалось, что в отличие от мРНК с немодифицированной лидерной последовательностью, формирование инициаторных комплексов на мРНК с метилированными аденинами происходит в отсутствие кэпа. Более того, инициация на модифицированной мРНК (как кэпированной, так и некэпированной) может происходить и в отсутствие АТФ. Последнее указывает на иной, неизученный механизм, по которому осуществляется сканирование таких метилированных лидерных последовательностей.

ИБ РАН

При перепрограммировании мышинных эмбриональных фибробластов в адипоциты (клетки жировой ткани) наблюдается увеличение эффективности перепрограммирования мышинных эмбриональных фибробластов, нокаутных по гену *Kaiso*, по сравнению с диким типом. Таргетным бисульфитным секвенированием показано снижение уровня метилирования для гена *Нох3а*. *Нох3а* важен для дифференцировки и перепрограммирования клеток млекопитающих. Анализ данных *single-cell* транскриптом, взятых из электронных баз данных, показал специфическую экспрессию *Kaiso* в клетках жировой ткани, костного мозга, поджелудочной железы и в клетках кожи. Увеличенная экспрессия *Kaiso* в коже наблюдается в лейкоцитах, стволовых клетках эпидермиса и стволовых клетках кератиноцитов. Совместный иммуногистохимический анализ на *Kaiso* и *CD34* (поверхностный маркер стволовых клеток волосяного фолликула) кожи мышей с генетическим нокаутом *Kaiso* и диким типом на разных стадиях роста волосяного фолликула подтвердил, что *Kaiso* экспрессируется в стволовых клетках волосяного фолликула. Таким образом, *Kaiso* может являться новым маркером стволовых клеток.

Продemonстрировано, что активация PRE-элемента сайтами связывания для белка *Su(Hw)* приводит к увеличению рекрутирования не только *Polysomb-репрессоров*, но и активаторов из группы *Trithorax* (белки *Ttx* и *CBP*). Эксперименты по редактированию генома методом *CRISPR/Cas9* показали, что для такой стимуляции необходимы непосредственно сайты *Su(Hw)*, а не дополнительные элементы, находящиеся в составе векторов для интеграции. Таким образом, архитектурные белки, помимо активности в

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>разделении энхансер-промоторных пар и организации высокоупорядоченной пространственной структуры хроматина, могут играть важную роль в регуляции транскрипции путем контроля Polusomb- и Trithogax-зависимых элементов.</p> <p>Проведен биоинформатический анализ Cas2-подобных белков и предсказано новое семейство токсин-антитоксина пар II типа прокариот. Показана биологическая активность ряда предсказанных токсинов из различных микроорганизмов, показано, что нейтрализация действия токсина происходит за счет образования комплекса с токсином.</p> <p>Совместно со Сколковским институтом науки и технологий (SkolTech) и МГУ им. М.В. Ломоносова создана первая в мире in vitro тест-система для скрининга препаратов для лечения миодистрофии Дюшенна на основе миобластов из мышечной линии mdx. Эффективность была продемонстрирована на примере аденоассоциированных вирусов, несущих ген микродистрофина.</p> <p style="text-align: center;">ИБГ РАН</p> <p>Показана патогенная роль TNF из миелоидных клеток в развитии метастазов печени в экспериментальной модели колоректального рака, а также при травме позвоночника в модели повреждения спинного мозга у мышей. В другом совместном исследовании показана защитная роль TNF из Т-лимфоцитов при нефрите и ассоциированным с ним фиброзе почечной ткани. Наконец, еще в одном международном исследовании показана роль мембраносвязанного TNF как медиатора катехоламин-зависимой сердечной и периферической микрососудистой дисфункции.</p> <p style="text-align: center;">ИМБ РАН</p>
59. Молекулярные механизмы клеточной дифференцировки, иммунитета и онкогенеза	<p>Технология массированного секвенирования Т- и В-клеточных рецепторов (TCR и BCR) применена для исследования клональной структуры адаптивного иммунитета пациентов с гематоонкологическими заболеваниями и сезонной аллергией. Выявлены характерные структуры альфа цепей TCR у больных с В-клеточными формами острой лимфобластной лейкемии. Получены первые данные о клональном разнообразии и сезонной динамике IgE-продукторов в структуре В-клеточных репертуаров у лиц с раз-</p>

	<p>витой аллергией на пылцу березы. Показано, что уже на уровне наивных Т-лимфоцитов, удается различить субпопуляции клеток предпрограммированные в ходе тимусной селекции, для которых заложено различное функциональное поведение в случае возникновения антиген-специфичного иммунного ответа, различный эффекторный потенциал, различный потенциал к формированию долговременной клональной памяти.</p> <p>ИБХ РАН</p>
60. Клеточная биология, теоретические основы клеточных технологий	<p>Обнаружена примат-специфичная изоформа фактора транскрипции Oct-1 и описан механизм регуляции транскрипции этой изоформы при разных видах клеточного стресса в опухолевых клеточных линиях разного тканевого происхождения: Namalwa, MDA-MB231, Hela.</p> <p>ИМБ РАН</p> <p>Впервые получены прямые доказательства того, что на эндоцитозном пути существует стабильный раннеэндозосомальный компартмент, имеющий везикулярную морфологию. Везикулы этого компартмента несут белки заякоривания (EEA1) и слияния, что позволяет эффективно увеличивать площадь поверхности гибридных эндосом после включения вновь сформированных эндоцитозных пузырьков и объединения их мембран в специализированный домен. Из него формируются внутренние пузырьки с интернализированными грузами, деградирующими после слияния с лизосомами. Понимание принципов организации транспортных путей позволяет надежно распознавать контрольные точки эндоцитозного пути, которые могут быть использованы в качестве мишеней для коррекции различных патологий, включающих онкозаболевания, нейродегенеративные процессы, вирусные инфекции, связанные с эндоцитозом.</p> <p>ИНЦ РАН</p>
61. Биофизика, радиобиология, математические модели в биологии, биоинформатика	<p>Создана новая библиотека неупорядоченных шаблонов и неупорядоченных остатков в банке белковых структур (PDB). Используя эту базу данных, пользователь может: 1) находить гомологи в банке белковых структур; 2) провести статистический анализ неупорядоченных остатков в белковых структурах; 3) осуществить поиск неупорядоченных шаблонов и гомо-повторов; 4) осуществить поиск неупорядоченных участков в разных цепях одного и того же белка. База данных доступна по адресу http://bioproteom.protes.ru/cluster_pdb/.</p> <p>ИБ РАН</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Предложена математическая модель внутрисердечного кровотока плода. Показана возможность и перспективность автоматической сонографии внутрисердечной гемодинамики плода. Разработана сверточная нейронная сеть для локации ключевых событий внутрисердечной гемодинамики плода. Поиск ключевых событий (сокращение, систола, диастола предсердий) с помощью нейронной сети позволяет достоверно без участия человека определять начала исследуемых потоков через атриовентрикулярные клапаны, а чирплет-разложение обеспечивает вычисление пиковых скоростей этих потоков на фоне высокоамплитудных помех.</p> <p style="text-align: center;">ИБП ФИЦ ПНЦБИ РАН</p>
62. Биотехнология	<p>Получен вектор с геном рекомбинантного белка фосфолипазы A2 (ФЛА2) rPICZalphaA-Pla2-II, оптимизированный с использованием online-программы «COOL». Фермент был получен в дрожжевой системе, отработана методика его очистки и изучены физико-химические свойства. Получен вектор с геном рекомбинантного белка химозина rPICZalphaA-Chym-I, оптимизированный с использованием программы «gene designer 2.0». Разработан протокол его получения. Отработана технология выделения и очистки ФЛА2 и химозина из культуральной жидкости штаммов-продуцентов. Составлены протоколы выделения и очистки ФЛА2 и химозина. Разработана масштабируемая технология получения ФЛА2 и химозина, предназначенных для эффективной переработки сельскохозяйственной продукции.</p> <p>Разработана система для эффективного биосинтеза пептидов. В данной системе целевой пептид введен в состав полипептидной цепи шаперона GroEL из <i>T. thermophilus</i> таким образом, что при экспрессии он находится внутри полости GroEL, недалеко от субстрат-связывающей поверхности. Такая презентация помогает избежать проблем, связанных с нестабильностью, токсичностью или гидрофобностью целевого пептида. Возможности разработанной системы продемонстрированы на примере получения в бактериальной системе мощного пептидного антибиотика полифемузина I.</p> <p style="text-align: right;">ФИЦ Биотехнологии РАН</p>

VII. Физиологические науки

63. Исследование роли интегративных процессов в центральной нервной системе в реализации высших форм деятельности мозга (сознание, поведение, память), выяснение механизмов функционирования сенсорных и двигательных систем

Метилтрансфераза SETD1 вовлечена в изменение метилирования гистона H₃ при формировании ассоциативной долговременной памяти у медоносной пчелы. Метилирование гистона H₃ по лизину 4 (H₃K₄me) – модификация, активирующая транскрипцию генов, локализована преимущественно в промоторах. В разные периоды после обучения у медоносной пчелы было показано увеличение уровня моно-, ди- и триметилирования гистона H₃K₄. Ферменты, осуществляющие метилирование гистонов–гистоновые метилтрансферазы. H₃K₄me осуществляется преимущественно метилтрансферазой SETD1. С использованием ОТ-ПЦР оценивали экспрессию гена *setd1* у обученных (условный рефлекс вытягивания хоботка, 3-кратная процедура обучения) и необученных пчел. Через 1 час после обучения (первая волна транскрипции при формировании памяти) возросла уровень экспрессии *setd1* у обученных пчел. Полученные данные указывают на то, что метилтрансфераза SETD1 вовлечена в изменение метилирования гистона H₃ при формировании ассоциативной долговременной памяти. Полученные данные важны для понимания фундаментальных механизмов формирования памяти.

3-гидроксикинуренин (3ГК) как регулятор поведения: новые механизмы, вскрытые на модели болезни Хантингтона дрозофилы. Мутант *cardinal*(*cd1*) дрозофилы с накоплением прооксиданта 3ГК является моделью болезни Хантингтона с прогрессирующими по мере старения гиперкинезом и деменцией. Обнаружен новый, ранее неизвестный, механизм накопления свободного 3ГК – нарушение его специфической конъюгации с белками, депонирующими 3ГК в тканях. Так, уровень белок-связанной формы 3ГК (БС-3ГК) в мозге *cd1* значительно ниже, чем у дикого типа *Scanton-S* (CS). Избыток 3ГК у *cd1* сравнительно с CS приводит к гиперкинезу, увеличивая скорость и длительность спонтанных побегов в том же возрасте, когда начинают прогрессировать резкие нарушения краткосрочной памяти (13–29 сут.). У мутанта *cinnabar* (*cn1*) (накопление нейротектора кинуреновой кислоты, 3ГК отсутствует) скорость побегов снижена. Поведенческие проявления токсических эффектов 3ГК приближают к пониманию механизмов его действия на нервную систему животных и человека.

Стимуляция серотониновой системы префронтальной коры усиливает проявления страха во время ожидания звуковых сигналов опасности. На крысах методом внутримозгового микродиализа показано, что введение в медиальную префронтальную кору ингибитора обратного захвата серотонина флуоксетина (1мкМ) в ходе реализации условной

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>реакции страха (предъявления звуковых условных сигналов, ранее сочетавшихся с болезненным раздражением), увеличивающее уровень внеклеточного серотонина в этой области, не влияет на замирание животных (показатель страха) во время предъявления условных сигналов, но удлиняет замирание в интервалах между ними. Данные впервые свидетельствуют, что серотониновая система медиальной префронтальной коры регулирует защитное поведение при ожидании звуковых сигналов опасности, но не во время их предъявления. Они расширяют представления об участии медиальной префронтальной коры и ее серотониновой системы в контроле проявлений страха в ходе событий, отражающих разные этапы опасности.</p> <p>Открытая база данных ORDSLAM для разработки методов автономной навигации на местности. Для возможности разработки и достоверного сравнения устойчивости методов одновременной локализации и построения карты местности (simultaneous localization and mapping, SLAM) создана новая открытая база данных ORDSLAM, которая на настоящий момент является единственной пригодной для создания алгоритмов навигации вне помещений при использовании изображений и карт глубины в условиях различной освещённости и сезонно-погодной изменчивости. База данных отличается повышенной сложностью и приближённо к реальным условиям съёмки при навигации автономных мобильных роботов. Всего собрано 70 сценариев, содержащих 30 000 записей, для каждого из которых сформирована эталонная информация о траектории движения. База данных ORDSLAM открывает новые возможности повышения эффективности алгоритмов навигации по изображению в естественных сценах в условиях априорной неопределённости их наблюдения.</p> <p>Общие принципы восприятия движения зрительной и слуховой системами человека. В психофизических исследованиях установлено, что в зрительной системе человека пороги различения скорости при увеличении расстояния между движущимися объектами в поле зрения человека остаются постоянными, а пороги различения направления движения увеличиваются. В нейрофизиологических исследованиях слуховой системы показано, что фазовая когерентность медленных колебаний ЭЭГ может рассматриваться как нейрональный коррелят распознавания движения звука. Привлечение внимания к дви-</p>

жению звука сильнее отражается на ритмах ЭЭГ, чем на вызванных потенциалах мозга. Скорость и направление движения объекта в пространстве позволяют вычислить вектор скорости, необходимый для определения положения этого объекта, что является критическим для выживания. Обработка информативных признаков осуществляется разными «каналами». Восприятие движения в центральных структурах зрительной и слуховой систем обеспечивают крупномасштабные нейронные сети, интегрирующие в единое целое информацию, приходящую по разным каналам, как зрительного, так и слухового анализатора. Установленные принципы работы сенсорных систем нужны для построения периферических многоканальных каскадов параллельной обработки информации о фоно-целевой обстановке для автономных интеллектуальных роботов.

Определены два механизма увеличения кожного кровотока при чрескожной электрической стимуляции спинного мозга (ЧЭССМ) в области поясничного утолщения. У 12 здоровых волонтеров методом лазерной доплеровской флоуметрии зарегистрированы изменения кровоснабжения кожи передне-латеральной поверхности голени при ЧЭССМ стимулами частотой 30 Гц. При интенсивности стимуляции 90% от двигательного порога прирост перфузии кожи при стимуляции в области L1 составил около 74%, а при стимуляции в области T7 – 38% по отношению к исходному уровню. Вазодилатация и гиперемия кожи при ЧЭССМ обусловлены преимущественно за счет антигидромной стимуляции сенсорных нервных волокон. Важным модулятором, способствующим вазодилатации при ЧЭССМ, является оксид азота (NO), выделяющийся из нервных окончаний и слоя эндотелиальных клеток. Ингибирование оксида азота (NO) и сероводорода (SH₂) снижает прирост кровотока в коже при ЧЭССМ. Это доказывает, что в процесс вазодилатации в коже при ЧЭССМ вовлечены NO и SH₂.

ИФ РАН

Транскриптом моллюска *Littorina littorea* исследован на наличие последовательностей, кодирующих иммуно-ассоциированные Toll-подобные рецепторы (TLR) и соответствующие белки, вовлеченные в нисходящий TLR-сигнальный путь. В транскриптомных снимках гемоцитов и тканей почек обнаружено 45 полных TLRs, кодируемых 35-ч генами. Из 59 молекул, вовлеченных в канонический TLR сигнальный путь, 35 генов классифицированы как гомологичные и помещены в TLR-опосредованные MyD88 и MAPK-зависимые схемы. В транскриптоме отсутствуют эталонные адаптеры позночных животных TIRAP, TRIF и TRAM. Результаты экспериментов RNA-seq с иммунной

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>стимуляцией (редии трематоды <i>Himasthla elongata</i>) моллюска показали, что в иммунном ответе на заражение паразитом задействованы четыре TLR (TLR1, 3, 5 и 8) и гены, вовлеченные в сигнальную трансдукцию: <i>Mud88</i>, <i>TNFα</i>, <i>CASP8</i>, <i>FADDNFKBIA</i> (<i>IKBα</i>), <i>IRAK1</i>, <i>STAT1</i>, <i>MAPK14</i> (<i>p38</i>), <i>MAP2K1</i> (<i>MEK1/2</i>), <i>IRF3</i> и <i>IRF5</i>. Этот массив генов участвует в антитрематодном иммунном ответе <i>L. littorea</i>.</p> <p>Исследована временная динамика морфологических и функциональных изменений, происходящих в сетчатке мышей линии C₃H/Cr1. У этих мышей присутствуют мутации в генах <i>Pde6b</i> и <i>Gpr179</i>, что приводит к гибели фоторецепторов и потере зрения к 4-й неделе жизни. С помощью электроретинографии <i>in vivo</i> показано, что у мышей C₃H/Cr1 ответы сетчатки на световую стимуляцию лишены вклада палочек и ON-биполярных клеток, а ответ колбочек исчезает к 25-му дню жизни. Морфологический анализ гистологических препаратов сетчатки выявил снижение числа фоторецепторов и нейронов внутреннего ядерного слоя сетчатки у мышей линии C₃H/Cr1 по сравнению со здоровыми животными.</p> <p style="text-align: center;">ИЭФБ РАН</p> <p>Одной из проблем современных нейронаук является поиск объективных мозговых показателей, характеризующих процессы высшей нервной деятельности человека. Такие показатели открывают новые возможности для разработки функциональных нейромаркеров (диагностических показателей) психических расстройств. С этой целью в 2020 г. был разработан оригинальный подход, связанный с применением Байесовской вероятностной модели для параллельного факторного анализа групповых потенциалов, связанными с событиями. В результате были обнаружены новые компоненты вызванных потенциалов мозга человека, характеризующие мозговые процессы подготовки, реализации и подавления действий, в том числе процессы переклочения между этими вариантами поведения и процессы формирования следа памяти. Этот методический подход открывает новые возможности в оценке нейродинамики психологических операций, нарушение которых является значимым диагностическим критерием у больных, страдающих психическими заболеваниями.</p> <p>Вопрос о том, как именно мозг человека обеспечивает выбор одного из значений многозначной информации для его осознания является одним из ключевых в изучении про-</p>

блемы мозговой организации мыслительной деятельности. В частности, до недавнего времени оставалось неисследованным, что именно происходит с теми значениями, которые остаются невыбранными в процессе разрешения многозначности. Нейрофизиологическое исследование с использованием функциональной МРТ впервые позволило сделать вывод о том, что невыбранные значения подавляются и в основе этого процесса лежит снижение активности структуры мозга, играющей важную роль в контроле содержимого сознания – гиппокампа. Полученные новые данные о функциональных связях гиппокампа с префронтальной корой мозга человека демонстрируют один из возможных механизмов поддержания мыслительной деятельности человека: за счет тормозного влияния префронтальной коры на активность нейронов гиппокампа, все значения кроме выбранного для осознания, подавляются. Полученный результат имеет важное значение для понимания механизмов работы мозга при неосознаваемом выборе значения многозначной информации.

ИМЧ РАН

Получены данные, свидетельствующие о механизмах изменений объемов серого и белого вещества в структурах головного мозга космонавтов после длительных космических полетов (КП). Методом диффузионной МРТ выявлено увеличение объемов белого вещества в мозжечке после космического полета, что стало первым ясным макроревневым свидетельством сенсомоторной нейропластичности у человека. Также наблюдалось обратимое (нивелирующееся через 7 месяцев после КП) широкое перераспределение спинно-мозговой жидкости с сопутствующими изменениями плотности близлежащего серого вещества. Показано, что эти изменения являются результатом обратимых морфологических изменений, а не потери ткани (нейродегенеративных процессов).

Выявлено увеличение пульсовой суммы, как реакция сердечно-сосудистой системы, при выполнении теста со ступенчатой возрастающей нагрузкой на вертикальной бедренной дорожке и при восстановлении ($p < 0,05$) по сравнению с этими показателями до моделирования эффектов невесомости. Обнаружено снижение максимальных моментов силы мышц голени и бедра и силовой выносливости мышц сгибателей бедра ($p < 0,05$). Изменения в сенсомоторной системе проявляются в параметрах выполнения усложненной локомоторной задачи (переступание через препятствие): уменьшении длины шага при переступании через препятствия высотой меньше 30 см, а также уменьшении зазора между ногой и планкой при переступании через препятствие высотой 30 см ($p < 0,05$).

Показано методом видеоокулографии с оценкой реакций сердечно-сосудистой системы (САД, ЧСС, ВСР и др.) с использованием ортостола для определения ортостатиче-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ской устойчивости космонавтов после КП, что при действии центробежных ускорений и ортостатической нагрузке наблюдаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> – достоверное снижение отолито-окулярного рефлекса и показателей сердечно-сосудистой системы в течение первых 10-х суток после полета; – наличие статистически значимой корреляции ($r=0,67$) между отолито-окулярным рефлексом и средним артериальным давлением вплоть до 10-х суток после полета. Полученные результаты и их сопоставление с оценкой вегетативного контроля и реактивностью сердечно-сосудистой системы могут свидетельствовать о наличии отолито-симпатического (вестибуло-симпатического) рефлекса и связи между отолитовой системой и регулированием артериального давления. <p>Разработаны рекомендации, основанные на экспериментальных результатах исследования особенностей работы операторов в условиях высокой автономности и сопутствующих ограничениях, по нейрофизиологическому и психофизиологическому обследованию операторов для выполнения профессиональной деятельности в автономных условиях существования в целях обоснования особенностей проектирования человеко-машинных систем.</p> <p>Рекомендации включают: контроль уровня функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) члена экипажа с целью определения периода острой адаптации, "вработываемости" и перехода к астенизации его ЦНС в условиях высокой автономности, а также при отборе операторов для осуществления профессиональной деятельности; контроль динамики физической астенизации членов экипажа путем измерения их суточной двигательной активности с помощью носимых актиграфических браслетов с трехосевым пьезоэлектрическим акселерометром с последующей обработкой результатов больших массивов данных многосуточных циклов сон-бодрствование; контроль динамики автономизации и психической астенизации членов экипажа с использованием метода контент-анализа; оценка группового взаимодействия для выявления динамики сплоченности и особенностей неформальной структуры экипажа с помощью компьютеризованных социометрических тестов; выявление наличия неосознаваемых внутриличностных конфликтов и эмоциональной напряженности, а также уровня профессионализма и социальной мотивации у членов экипажа с помощью АПК «Неосознаваемая психодиагностика».</p>

ГНЦ РФ – ИМБП РАН

Ранний липополисахаридный стресс увеличивал тревожность и ослаблял контекстуальную память после социальной изоляции крыс, но улучшал обучение как после изоляции, так и после содержания в обогащенной среде. Таким образом, липополисахаридный стресс приводит к изменениям реактивности животных на стрессирующие воздействия во взрослом возрасте.

Установлено, что когнитивные нарушения возникают только у тех крыс линии WAG/Rij, у которых впоследствии развивается эпилептическая активность.

При активации полимеризации актина в переживающих срезах гиппокампа крыс обнаружены зависящие от исходных характеристик изменения эффективности модификаций кратковременной пластичности при парной стимуляции.

Показано, что блокада действия серотонина во время напоминания привела к невосстанавливаемому нарушению памяти, тогда как одновременное с блокадой применение эпигенетического регулятора компенсировало нарушения памяти.

Антидепрессант дезипрамин в дозе 15 мг/кг эффективно подавляет симптомы генетической абсанс-эпилепсии и коморбидной депрессии у крыс линии WAG/Rij.

Обнаружено нами ранее усиление нейрогенеза и увеличение числа нитритических клеток в гранулярном слое зубчатой фации гиппокампа крыс после хронического умеренного непредсказуемого стресса не связано с экспрессией белка pNOS непосредственно в самих нейробластах, хотя близкое расположение нейробластов и pNOS-позитивных клеток в герминативной зоне гиппокампа позволяет предположить участие NO в регуляции нейрональной дифференцировки новых.

В первичных культурах нейронов мозжечка депривация трофических факторов активирует процесс аутофагии, без запуска которого нейроны не вырабатывают устойчивость к повреждению глутаматом, однако избыточная активация аутофагии вызывает усиление гибели клеток.

Для пациентов, проходящих реабилитацию после инсульта при помощи интерфейса «мозг-компьютер», основанного на кинестетическом воображении движения, выявлены более выраженные изменения функции непаретичной руки, что может служить надежным индикатором нейропластических перестроек. С помощью неинвазивного нейромиджинга на макроструктурном сетевом уровне были показаны устойчивые изменения функциональной связанности лимбических областей мозга после обучения у здоровых испытуемых. Анализ сенсомоторных ритмов ЭЭГ показал большую выраженность реакции мю-ритма, отражающего работу системы зеркальных нейронов, при наблюдении за движением экспериментатора, чем при наблюдении движений на мониторе компьютера.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Были раскрыты дополнительные клеточно-молекулярные механизмы функционирования ключевых элементов неокортекса – пирамидных нейронов 5-го слоя. Используя широкий набор методов современной клеточной нейрофизиологии, было убедительно показано, что адаптация частоты потенциалов действия и медленная следовая автогиперполяризация в этих нейронах опосредуется кальций-зависимыми калиевыми каналами $KCa3.1$.</p> <p>Генетический анализ обнаружил у донервных животных (типа Пластинчатые) гены натриевых каналов, а электрофизиологические эксперименты позволили обнаружить клетки, способные генерировать натриевые потенциалы действия у животных без нервной системы, что меняет всю картину эволюции нервной системы.</p> <p>Охарактеризована новая длинная некодирующая РНК (lincRNA), имеющая потенциальную роль в эпигенетической регуляции экспрессии генов пластичности.</p> <p style="text-align: center;">ИНВД и НФ РАН</p> <p>Миозин быстрых и медленных скелетных мышц отличается изоформным составом тяжелых и легких цепей. Проведено сравнение функциональных характеристик миозина из быстрой (m. psoas) и медленной (m. soleus) мышц кролика. Параметры одиночного актин-миозинового взаимодействия измерены в оптической ловушке, характеристики Ca^{2+} регуляции актин-миозинового взаимодействия исследованы in vitro подвижной системе (ИПС). Продолжительность взаимодействия миозина быстрых мышц с актином короче, а скорость скольжения регулируемых тонких нитей в ИПС по этому миозину выше по сравнению с этими параметрами миозина медленных мышц. Зависимость рСа-скорость миозина быстрой мышцы обладает меньшей Ca^{2+} чувствительностью, чем миозин медленной мышцы. Таким образом, функциональные свойства миозина определяют не только механические и кинетические характеристики сокращения мышц, но и особенности его Ca^{2+} регуляции.</p> <p>Тропомиозин (Трм) представляет собой α-спиральный актин-связывающий белок, играющий важную роль в регуляции мышечного сокращения. Изоформы α- (Трм 1,1) и γ- (Трм 3,12) Трм экспрессируются в быстрых и медленных скелетных мышцах цело-</p>

	<p>века, соответственно, тогда как β-Trp (Trp 2,2) экспрессируются в обоих типах мышц. Это приводит к образованию Trp $\alpha\alpha$- и $\gamma\gamma$-гомомеров, а также $\alpha\beta$- и $\gamma\beta$-гетеродимеров. Свойства $\alpha\alpha$-гомомера хорошо изучены, в то время как очень мало известно о функциональных свойствах $\gamma\gamma$-гомомера и $\gamma\beta$-гетеродимера. Исследованы характеристики взаимодействия $\gamma\gamma$-гомомера и $\gamma\beta$-гетеродимера Trp с актиновыми филаментами и Ca^{2+}-регуляцию актин-миозинового взаимодействия на миозине из быстрых и медленных скелетных мышц. Показано, что комплексы, образованные $\gamma\gamma$-Trp и $\gamma\beta$-Trp с F-актином, более стабильны, чем комплексы с $\alpha\alpha$-Trp и $\alpha\beta$-Trp. Максимальная скорость скольжения регулируемых тонких нитей с $\gamma\gamma$-Trp или $\gamma\beta$-Trp, движущихся по скелетному миозину, значительно меньше, чем у нитей с $\alpha\alpha$-Trp или $\alpha\beta$-Trp. Показано, что изоформы Trp вместе с изоформами миозина определяют функциональные свойства скелетных мышц и подтверждают идею о комбинированной экспрессии изоформ миозина и Trp.</p> <p style="text-align: center;">ИИФ УрО РАН</p>
<p>64. Изучение роли в гомеостазе у человека и животных интеграции механизмов деятельности систем пищеварения, дыхания, кровообращения и выделения, участие в регуляции функций этих систем медиаторов, гормонов, инкретинов, аутокоидов, клиническое применение результатов этих работ</p>	<p>Метод двигательной разгрузки задних конечностей (или антигравитационное вывешивание) имитирует условия нулевой гравитации для грызунов в земных условиях. Проведено исследование влияния вывешивания на функциональное состояние стриатума, играющего важную роль в двигательной активности. Результаты показали, что 3-х суточное вывешивание привело к снижению уровня экспрессии трозингидроксилазы (TH) в стриатуме мышей. Однако уровень активности TH после вывешивания был значительно повышен, что свидетельствует об активации синтеза дофамина (ДА). При этом также наблюдалось повышение уровня экспрессии ДА рецепторов D2R. В стриатуме мышей после вывешивания наблюдалось значительное снижение транспорта глутамата VGLUT2 и NMDA рецепторов NR2B. Анализ внутриклеточных сигнальных каскадов показал снижение активности протеинкиназы A, при этом значительно снижалась экспрессия SNAP25 и syntaxin, и повышалась экспрессия VAMP2, что свидетельствует о нарушении процессов экзоцитоза. Таким образом, краткосрочное вывешивание приводит к нарушению баланса основных медиаторных систем стриатума, глутаматергической и ДА-ергической, играющих важную роль в регуляции координации и произвольных движений. Работа выполнена при поддержке.</p> <p>Аудиогенный киндлинг вызывает распространение эпилептиформной активности в лимбическую систему мозга и является моделью генерализованной лимбической эпилепсии у человека. У крыс линии Крупинского-Молодкиной при длительном киндлин-</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>ге обнаружена повышенная активность ERK1/2 киназ в хилусе и в области контактов мишисных волокон гранулярных клеток и дендритов пирамидных нейронов CA3 поля гиппокампа. Это сопровождается повышением активности глутаматергических клеток, выражающимся в увеличении содержания VGlut2 и снижением содержания белка SNARE комплекса – SNAP25. Снижение активирующего влияния глутамата на ГАМК-ергические нейроны, вызванное уменьшением содержания NR2B субъединиц рецепторов глутамата, приводит к понижению содержания ГАМК в гиппокампе. Таким образом, показано нарушение баланса белков отвечающих за функцию глутамат и ГАМК-ергических нейронов при генерализованной лимбической эпилепсии.</p> <p>ИЭФБ РАН</p> <p>Возрастные изменения механизма дилатации, опосредованной эндотелиальной гиперполяризацией в церебральных артериях крыс. Старение сопровождается изменениями структуры и функции церебральных артерий, что приводит к нарушению деятельности головного мозга и может провоцировать развитие ишемических инсультов. In vivo у крыс Wistar в возрасте 4 и 26 мес. изучены параметры дилатации церебральных артерий, опосредованные эндотелиальной гиперполяризацией (EDHF), вызванной активацией Ca^{2+}-чувствительных K^{+}-каналов промежуточной проводимости (IKCa). Впервые показано, что у молодых крыс в мелких артериях (диаметром <20 мкм) EDHF опосредует до 70% ацетилхолин(ACh)-индуцируемой дилатации, в средних (20–40 мкм) – 35–40%, в крупных (>40 мкм) – менее 15%. Старение приводит к изменению продукции эндотелиальными клетками EDHF: в мелких артериях EDHF опосредует менее 25% ACh-индуцируемой дилатации, в средних – менее 10%, а в крупных – дилататорный эффект EDHF не выявляется. Полученные данные позволяют рекомендовать для улучшения мозгового кровотока при транзиторных ишемических атаках медикаменты, способствующие активации Ca^{2+}-чувствительных K^{+}-каналов промежуточной проводимости, обеспечивающих эндотелиальную гиперполяризацию (в частности, доноры сероводорода.</p> <p>Полиморфизм белковой субъединицы TIR3 (ген Tas1r3) рецептора сладкого вкуса влияет на потребление сахаров, углеводный обмен и ожирение. Исследование проведено</p>

на гибридах F1, полученных от скрещивания инбредных линий мышей носителей рецессивной аллели гена Tas1r3 (129SvPasCtrl) с носителями доминантной аллели (C57BL/6J), либо с Tas1r3 ген нокаутной линией (C57BL/6J-Tas1r3tm1Rfm). Наличие у гибридов 129S2B6F1 доминантной аллели Tas1r3 предопределяет наряду с повышенной вкусовой чувствительностью к сладким веществам большую толерантность к глюкозе независимо от калорийности пищи. У гибридов (129S2B6-Tas1r3-/-F1), имеющих только рецессивную аллель данного гена, отмечено уменьшение алиментарного ожирения. Дополнительно установлено, что гипопластичность Tas1r3 не влияет на толерантность к глюкозе и ожирение. Полученные результаты впервые показали, что аллельные варианты Tas1r3 являются одним из генетических маркеров предпочтения сахаров, скорости утилизации глюкозы и развития ожирения, что имеет потенциальное значение для персонализированной медицины.

Введение кортикостерона в физиологической дозе ускоряет заживление эрозий желудка, индуцированных ишемией-реперфузией у крыс. Ранее мы показали, что эндогенные глюкокортикоидные гормоны принимают участие в заживлении поврежденной слизистой оболочки желудка. В экспериментах на крысах впервые установлено, что введение кортикостерона, но не дексаметазона, в физиологической дозе ускоряет заживление эрозий слизистой оболочки желудка, индуцированных ишемией-реперфузией, и этот эффект предотвращается блокадой рецепторов глюкокортикоидных гормонов их антагонистом RU 38486. Согласно полученным данным, синтетические аналоги естественных глюкокортикоидных гормонов (кортикостерон для крыс), введенные в физиологических дозах, могут рассматриваться как гормональные факторы, способствующие заживлению поврежденной слизистой оболочки желудка. Результаты важны для разработки новых подходов, направленных на лечение язвенной болезни желудка.

Антиноцицептивная функция эндогенного убаина. Эндогенный убаина (ЭУ), присутствующий в гипоталамусе и в кровотоке человека в наномолярных концентрациях, является безопасным и эффективным анальгетиком. Выяснено, что воздействие ЭУ приводит к снижению величины эффективного заряда активационной воротной системы каналов Nav1.8, к увеличению жесткости нейрона, а также к снижению интенсивности флуоресценции антител к каналам Nav1.8. Установлено что ЭУ запускает внутриклеточный каскад, в котором комплекс Na_vK-ATФаза/Src выполняет функцию трансдуктора, передающего сигнал на геном. Выдвигается гипотеза, согласно которой ЭУ способен модулировать экспрессию гена SCN10A, продуцирующего каналы Nav1.8, которые ко-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>дируют ноцицептивную информацию. ЭУ запускает в ноцицептивном нейроне двойной механизм модуляции каналов Nav1.8, снижая их плотность в нейрональной мембране и уменьшая величину эффективного заряда их активационного воротного устройства. Это позволяет заключить, что ЭУ выполняет функцию эффективного анальгетика периферического механизма действия.</p> <p>5-НТ3-зависимое тормозное влияние центральной амигдалы на бульбарные механизмы висцеральной боли. Амигдала – одна из ключевых лимбических структур мозга, участвующих в модуляции болевой чувствительности. Механизмы реализации её действия на висцеральную ноцицепцию мало изучены. В экспериментах на крысах впервые продемонстрированы тормозные эффекты электростимуляции центрального ядра амигдалы на импульсную активность нейронов продолговатого мозга, вызванную болевым растяжением толстой кишки. Впервые установлено, что антиноцицептивное амигдало-бульбарное влияние сохраняется при развитии поствоспалительной кишечной гипералгезии, однако внутримозговая блокада серотониновых рецепторов 5-НТ3 подтипа в этих условиях приводит к трансформации тормозного действия амигдалы на бульбарные ноцицептивные нейроны в возбуждающее. Полученные данные раскрывают серотонин-зависимый механизм амигдалофугального контроля висцеральной ноцицепции, который может являться одной из терапевтических мишеней при лечении абдоминальной боли в клинике.</p> <p style="text-align: center;">ИФ РАН</p> <p>Проведена верификация информативности биомаркеров, характерных для окислительного стресса, в выдыхаемом воздухе здорового человека в измененных газовых средах (нормобарическая гипероксия) методом дискриминантного анализа, который позволил исключить из математической модели маркеры 2-метилгексан и гептан как несущественные по влиянию на модель прогнозирования.</p> <p>Разработана математическая модель и установлены биомаркеры, характерные для окислительного стресса при использовании стандартных алгоритмов в программном пакете Statistica Statsoft ver.8 и дискриминации данных в пошаговом режиме, основанном на минимизации коэффициента Уилкса (λ). Точность прогноза разработанной математической модели, проведенная методом кросс-валидации составила 70%.</p>

Выявлено, что при выведении животных из состояния кислородного голодания после воздействия гипоксической дыхательной газовой смесью (ДГС) N_2 и O_2 в соотношении 93/7% потребление O_2 достоверно существенно возросло при использовании для дыхания гипоксической ДГС состава $\text{Ar/Ne/O}_2=33/33/33\%$ по сравнению с условиями дыхания воздухом или смесью состава N_2 и O_2 в соотношении 67/33%. Гелий введён в состав экспериментальных ДГС для снижения нагрузки на дыхательную мускулатуру.

Проведено исследование изменений амплитуды колебаний АД и ЧСС с частотой $\sim 0,1$ Гц во время статических мышечных сокращений, в том числе при развитии утомления. Анализ результатов проводили с использованием вейвлет-преобразования, позволяющего исследовать спектральные характеристики нестационарных сигналов.

В начале фазы сокращения наблюдается транзитное увеличение амплитуды колебаний АД и ЧСС на частоте барорефлекторных волн ($\sim 0,1$ Гц). Сходные изменения наблюдаются и при резком снижении силы в начале фазы расслабления. Утомление ведет к увеличению амплитуды низкочастотных колебаний АД и ЧСС в начале фазы сокращения, что предполагает взаимодействие различных рефлекторных механизмов регуляции ЧСС во время мышечной работы.

Углубленный анализ ЭКГ, пульсоксиметрии и спирографии проведенных ранее экспериментальных исследований физической работоспособности у 7 спортсменов, которые в течение 4 недель сочетали стандартный тренировочный процесс с курсами интервального дыхания гипокси-гипероксическими газовыми смесями показал, что предшествующее физическим тренировкам дыхание гипоксическими смесями создает в организме условия, повышающие эффективность тренировочного процесса, в основном сердечно-сосудистой системы, поскольку из представленных респираторных параметров было выявлено только увеличение резервов вентилиции.

Выявлены особенности состояния углеводного обмена и механизмы, определяющих суточные ритмы электрической активности желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) в иммерсии и в условиях, моделирующих пребывание в невесомости, с использованием «сухой иммерсии» и нахождение на лунной станции. Показана повышенная мощность электрического сигнала при обычной двигательной активности с утренних часов до начала сна во всех отделах ЖКТ. Во время сна происходит выраженное снижение мощности электрической активности.

В условиях, моделирующих лунную станцию, дневная электрическая активность ЖКТ становится менее выраженной.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Показано, что на величину электрической активности ЖКТ существенно влияет изменение положения тела человека. Переход в горизонтальное положение сопровождался снижением мощности электрического сигнала уже в первые 30 мин. В последующие 1,5 часа снижение становилось более выраженным. Переход в положение сидя сопровождался увеличением электрической активности, которое наибольшее значения приобретало в вертикальном положении.</p> <p>Доказана эффективность ассоциаций пробиотических микроорганизмов на основе микроорганизмов родов <i>Lactobacillus</i>, <i>Bifidobacterium</i>, <i>Enterococcus</i>, <i>Streptococcus</i> и <i>Veillonellaceae</i> в стабилизации микрофлоры покровных тканей и слизистых человека в период длительной гермоизоляции в помещениях с ограниченными объемами. Важность разработки профилактических средств на основе ассоциаций пробиотических микроорганизмов обусловлена тем, что в указанных условиях состояние микрофлоры верхних дыхательных путей и кишечника претерпевают неблагоприятные изменения. Эти изменения наиболее выражены в период острой адаптации и по окончании гермоизоляции, а также у лиц, которые ранее не пребывали условиях помещений длительного времени.</p> <p>Выявлены особенности системы метаболизма оксида азота у больных гипертонической болезнью (ГБ) при ее прогрессировании. Разработана методика прогнозной оценки когнитивных дисфункций у человека при принятии решений в условиях высокогорья. Исследовано управление гемодинамикой с помощью моделей электроакустических сигналов. Разработано программное обеспечение для спектрального анализа электрокардиограммы.</p> <p>Получены данные о параметрах, взаимосвязях и влиянии оксида азота на вегетативную регуляцию ритма сердца и гемодинамику, морфофункциональную структуру левого желудочка, липидный профиль плазмы крови у больных ГБ при ее прогрессировании в условиях высокогорья.</p> <p>Установлено, что при подъеме с 500 до 3500 м над уровнем моря у испытуемых появляются объективные признаки патофизиологические сдвиги характерные для реакций срочной адаптации к кислородной недостаточности: тахикардия, снижение уровня SaO_2 с физиологически нормальных значений до значений характерных для состояния критиче-</p>

ской кислородной недостаточности. В большинстве случаев это сопровождалось легкими проявлениями симптомов острой горной болезни в виде головной боли, головокружения и слабости, наблюдалось функциональное напряжение механизмов адаптации. В условиях высокогорья при решении мыслительной задачи со сложной мотивационно-потребностной структурой (тест «Арифметический счет») наблюдалось снижение показателей выполнения задач на 15–30%.

ГНЦ РФ – ИМБП РАН

Впервые показано, что если в цельной крови крыс выделяется 6 изоформ гемоглобина, то после разделения эритроцитов на 6 фракций в клетках каждой из фракций содержится только 2 изоформы. Первую фракцию составляют эритроциты, содержащие наиболее тяжелые изоформы гемоглобина – F 4 и F 6 (в соотношении – 54,0% и 46,0%, в 1 пробе соответственно), вторую эритроциты с гемоглобинами F 3 и F 5 (в соотношении – 60% и 40% во второй пробе). Третья и четвертая содержат одинаковые изоформы F 3 и F 4, но отличаются по соотношению последних (третья – соотношение 33,3% и 66,7% в 3 пробе, четвертая – соотношение 43,1% и 56,9% в 4 пробе). Пятая фракция представлена эритроцитами с F 2 и F 3 изоформами (в соотношении – 37,1% и 62,9% в пятой пробе), а шестая содержит самые легкие F 1 и F 2 гемоглобины (в соотношении 32,5% и 67,1% в шестой пробе). Анализируя полученные данные, можно выделить гемоглобиновые маркеры фракций эритроцитов: F6 содержится только в 1 фракции эритроцитов, F5 – лишь во 2 фракции эритроцитов, F4 – в 1, 2 и 3 фракциях эритроцитов, F3 – в 3, 4 и 5 фракциях, F2 содержится в 4, 5 и 6 фракциях эритроцитов и F1 – только в 6 фракции эритроцитов. Более молодые клетки содержат более тяжелые формы гемоглобина. Таким образом, изменения соотношения между изоформами гемоглобина в цельной крови может свидетельствовать и об изменении соотношения между фракциями эритроцитов.

В работе выявлена вероятность развития системного воспаления (СВ) как общепатологического процесса, при тяжелом геморрагическом внутримозговом инсульте (ГИ) с развитием и без развития феномена неэффективного кровотока мозга (НЭКМ). НЭКМ регистрировался на основании данных транскраниальной доплерографии, 87% пациентов имели клинические признаки смерти мозга. Все пациенты в группах ГИ имели признаки полиорганной дисфункции, находились в состоянии тяжелой комы и получали интенсивную терапию. Для верификации СВ использовали интегральную шкалу (шкала-СВ) на основе определения в плазме крови: цитокинов (IL-6, IL-8, IL-10, TNF- α),

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>прокальцитонина, кортизола, D-димеров, миоглобина, тропонина I. Выявлено, у всех пациентов в группе ГИ без НЭКМ (n-15) наличие СВ или пограничного состояния (пред-СВ) при исследовании как на 1–3 сутки от начала манифестации ГИ, так и на 5-8 сутки. Напротив, в группе ГИ с НЭКМ (n-23) признаков СВ на 1-3 сутки не отмечалось, а на 5–8 сутки признаки СВ и пред-СВ фиксировались только у 18,2% пациентов. По-видимому, причиной этих различий является блокада поступления в кровотоки из поврежденного мозга продуктов тканевого распада и других провоспалительных факторов в группе ГИ с НЭКМ. Эти данные целесообразно учитывать при определении доноров для пересадки органов (для этого используются пациенты с верифицированной смертью мозга), а также для ведения пациентов с тяжёлым ГИ в палатах интенсивной терапии.</p> <p>На современном этапе нет однозначного мнения о распространённости иммунологической формы бесплодия у инфертильных мужчин и у подростков с варикоцеле. Поэтому в качестве одного из прогностических критериев бесплодия важно не только определение уровня АСАТ в сыворотке крови и эякуляте, но и оценка их уровня в динамике зависимости от степени варикоцеле, после оперативной коррекции. В исследовании показано, что аутоиммунные реакции против сперматозоидов не являются ведущей причиной мужской инфертильности, поскольку ни в одной из обследованных групп с репродуктивной патологией не установлено повышение уровня АСАТ в сыворотке крови выше допустимой нормы. Наличие АСАТ в сыворотке крови в пределах референтного интервала свидетельствует о том, что гематотестикулярный барьер не является абсолютно непроницаемым, способствуя тем самым формированию иммунологической толерантности гамет. Степень тяжести варикоцеле и его оперативная коррекция не провоцируют развитие аутоиммунных реакций к сперматозоидам. Одинаковые уровни АСАТ в сыворотке крови у бесплодных пациентов и пациентов с варикоцеле без тенденции к снижению у последних, наличие АСАТ в семенной жидкости требует дальнейшего наблюдения за подростками для своевременной диагностики формирования иммунологической формы бесплодия.</p> <p>Исследования комбинированного воздействия Ацетрам-спрея, ликопида и валтрекса у пациентов с хронической формой фарингитов/тонзиллитов, ассоциированных с вирусом Эпштейна-Барр, при разработанной схеме терапии, показали высокую эффективность ле-</p>

чения данного заболевания, позволяя элиминировать полностью возбудителя инфекции (вирус) в местах его локализации в 97% случаев после 2 циклов терапии и восстанав- ливать нормальную работу иммунной системы. Полученные результаты имеют важное значение не только для теории, но и практики, расширяя возможности клинического при- менения препаратов на основе синтетического пептида активного центра ГМ-КСФ- $Zr2$.
ИИФ УрО РАН

В результате совместных исследований с сотрудниками Национального медицинского исследовательского центра онкологии им. Н.Н. Блохина установлена связь микробиома легких с выживаемостью пациентов с немелкоклеточным раком легкого в зависимости от фенотипа стромы опухоли. Впервые показано, что высокая бактериальная нагрузка в опухоли в сочетании с повышенной экспрессией iNOS является благоприятным про- гностическим фактором ($HR = 0,1824$; $p = 0,0123$), в то время как высокая бактериальная нагрузка в сочетании с повышенным количеством клеток FOXP3+ является маркером плохого прогноза ($HR = 4,651$; $p = 0,0116$). Таким образом, бактериальная нагрузка опу- хли имеет оппозитное прогностическое значение в зависимости от статуса местного про- тивоопухолевого иммунитета.

Установлено, что медиаторы воспаления (цитокины) и нормальная микрофлора вла- галища (лактобациллы) могут выступать в качестве регуляторов устойчивости микро- организмов к действию повреждающих факторов и тем самым определять исход взаи- модействия паразит-хозяин. Цитокины в концентрациях, характерных для воспаления, повышают чувствительность патогенов к действию факторов, нарушающих синтез бел- ка, нуклеиновых кислот и пептидогликана. Интродукция лактобацилл в вагинальный патогеноз, сформированный трихомонадами и микроорганизмами, ассоциированными с бактериальным вагинозом, увеличивает вероятность элиминации патогена *Gishomonas vaginalis*. Полученные данные свидетельствуют о важной роли медиаторов воспаления и нормальной микрофлоры в поддержании гомеостаза симбиотической системы, включа- ющей клетки хозяина и его микробиом.

С позиции инфекционной симбиологии обобщены материалы по взаимодействию в треугольнике «ГГНС (гипоталамо-гипофизарная нейросекреторная система) – оксито- цин – микробиота». С одной стороны, окситоцин снижает антибиотикорезистентность и оказывает антиперсистентное действие в отношении патогенов, с другой – нормобиота (бифидо- и лактобактерии) способна стимулировать продукцию окситоцина через ГГНС,

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>реализуя свои биоэффекты в организме хозяина (регуляция иммунитета, репродуктивное здоровье, метаболические изменения при ожирении, поведенческие реакции и др.). Внедрение «антибиотик-окситоцинового» комплекса перспективно для борьбы с антибиотикорезистентными и персистентными штаммами бактерий.</p> <p>При изучении влияния нетуберкулезных микобактерий (НТМБ) на процессы взаимодействия условно-патогенных микроорганизмов с эритроцитами установлено, что под действием супернатантов <i>Mycobacterium italicum</i> и <i>M. tuberculosis</i> происходит достоверное повышение степени адгезии в 2 раза и частоты внутриэритроцитарного проникновения в 4 раза клеток <i>Staphylococcus epidermidis</i>, тогда как клетки <i>Escherichia coli</i>, напротив, в 2,6 раза снижают способность к адгезии и не проникают в эритроциты. Выявлено снижение уровня оксигемоглобина под влиянием метаболитов <i>M. italicum</i> и <i>M. tuberculosis</i>, что свидетельствует о патогенном потенциале сапрофитных НТМБ.</p> <p>Оценена роль цинка как модулятора иммунитета и протектора респираторного тракта от бактериальных и вирусных патогенов, что важно в контексте развивающейся пандемии каронавирусной инфекции (COVID-19). Противовирусное действие Zn^{2+} обусловлено ингибированием РНК-полимеразы SARS-CoV, снижением активности ангиотензинпревращающего фермента 2 (ACE2) как основного рецептора для этого вируса, повышением выработки интерферона альфа, подавлением передачи сигналов NF-κB и модуляцией регуляторных T-клеток, ограничивающих развитие цитокинового шторма. Кроме того, показано, что улучшение Zn-статуса способствует снижению риска развития бактериальной коинфекции за счет улучшения мукоцилиарного клиренса и барьерной функции респираторного эпителия, а также прямым антибактериальным действием цинка, в частности против <i>Streptococcus pneumoniae</i>. Указанные эффекты цинка в совокупности обосновывают целесообразность использования цинк-содержащих препаратов в качестве профилактической и адъювантной терапии COVID-19.</p> <p style="text-align: center;">ИКВС УрО РАН</p>
65. Применение интегративного подхода в анализе молекулярных про-	Исследован механизм роста микротрубочек за счет добавления изогнутого гуанозин-трифосфатного тубулина к концам изогнутых протофиламентов с помощью моделирова-

цессов и их регуляции у живых существ на разных этапах эволюции и при адаптации организма человека и животных к меняющимся условиям среды обитания и экстремальным воздействиям; использование полученных результатов в клинической медицине, практике космических полетов и медицине экстремальных состояний

ния броуновской динамики и электронной криотомографии. Описанные ранее расширяющиеся формы кончиков растущих микротрубочек постоянны при различных условиях сборки, включая различные концентрации тубулина, присутствие или отсутствие катализатора полимеризации или тубулинсвязывающих лекарственных средств. Моделирование показывает, что развитие значительных сил во время роста и укорочения микротрубочек требует высокого энергетического барьера активации в латеральных тубулин-тубулиновых взаимодействиях. Моделирование объясняет механизм сцепления кинетохор с растущими кончиками микротрубочек под действием вспомогательной силы и предсказывает зависящее от нагрузки ускорение сборки микротрубочек, тем самым обосновывая роль расширяющегося конца микротрубочки в ее росте.

Синдром Вискотта-Олдрича связан с тромбоцитопенией неясного происхождения. Была исследована динамика цитозольного кальция, потенциал митохондриальной мембраны и экспозиция фосфатидилсерина в отдельных тромбоцитах, связанных с фибриногеном, с помощью конфокальной микроскопии. Было выявлено, что тромбоциты при синдроме Вискотта-Олдрича легко экспонируют фосфатидилсерин посредством митохондриально-зависимого некротического механизма, вызванного их меньшим размером и, как следствие, более высоким отношением поверхности к объему и большей метаболической нагрузкой, что может способствовать развитию тромбоцитопении.

Была оценена противотреморная активность мемантина, $\Delta 9$ -тетрагидроканабинола (ТГК), вводимых отдельно, и их комбинации. Мемантин и ТГК супрааддитивно подавляет индуцированные галоперидолом тремор целости у крыс, что позволяет предположить, что совместное введение этих препаратов может быть новым подходом к лечению тремора. Также в исследовании были выявлены области мозга, отвечающие за паркинсонический тремор у крыс.

С помощью математической модели проанализированы ограничения эффективности аммоний-утилизирующих эритроцитов-биореакторов на основе метаболического пути из глутаматдегидрогеназной и аланинаминотрансферазной реакций. Показано, что при концентрациях пирувата во внешней среде ниже примерно 0,3 mM главным ограничивающим фактором является скорость притока пирувата в эритроцит извне, а при более высоких – исчезновение стационарного состояния в гликолизе при скоростях утилизации аммония выше критического значения (около 12 mM/h). Так как для работы глутаматдегидрогеназы необходим NADPH, который образуется при работе пентозофосфатного пути в гликолизе, включение этого фермента в эритроциты снижает долю NADPH в пуле

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>никотинамидадениндинуклеотидфосфатов (NADP+NADPH), что приводит к невозможности стабилизации АТР, концентрация которого увеличивается, приближаясь к величине суммарного пула аденилатов. Концентрация АDP при этом уменьшается, сильно замедляя реакцию пируваткиназы, что и является непосредственной причиной потери стационарного состояния в гликолизе. Работа по данному исследованию принята в печать в журнале Phagmaseutics С помощью математической модели проанализированы ограничения эффективности аммоний-утилизирующих эритроцитов-биореакторов на основе метаболического пути из глутаматдегидрогеназной и аланинаминотрансферазной реакций. Показано, что при концентрациях пирувата во внешней среде ниже примерно 0,3 mM главным ограничивающим фактором является скорость притока пирувата в эритроцит извне, а при более высоких – исчезновение стационарного состояния в гликолизе при скоростях утилизации аммония выше критического значения (около 12 mM/h). Так как для работы глутаматдегидрогеназы необходим NADPH, который образуется при работе пентозофосфатного пути в гликолизе, включение этого фермента в эритроциты снижает долю NADPH в пуле никотинамидадениндинуклеотидфосфатов (NADP+NADPH), что приводит к невозможности стабилизации АТР, концентрация которого увеличивается, приближаясь к величине суммарного пула аденилатов. Концентрация АDP при этом уменьшается, сильно замедляя реакцию пируваткиназы, что и является непосредственной причиной потери стационарного состояния в гликолизе.</p> <p style="text-align: center;">ЦТП ФХФ РАН</p> <p>Установлено, что адаптация системы иммунитета человека в условиях 120-суточной изоляции в гермообъекте гендерно-смешанного экипажа сопровождается изменением баланса Th1-/Th2 и Th1/Th9-цитокинов.</p> <p>Обоснованы критерии оценки изменений вен голени по выраженности, направленно-сти и динамике изменений растяжимости, емкости и скорости наполнения вен в ходе КП, позволяющие прогнозировать степень ухудшения состояния вен космонавтов в ходе КП с вероятностью более 80%. Доказано, что зарегистрированные изменения показателей состояния являются обратимыми и кумуляции воздействия невесомости на вены нижних</p>

конечностей в повторных КП не наблюдается. Выявлено, что состояние венозного звена системы кровообращения и особенности регуляции сосудистого тонуса играют важную роль в изменениях ортостатической устойчивости человека в условиях длительной невесомости.

Установлены величины перенесенных величин перегрузок на этапе выведения и спуска на космическом корабле КК «Союз» в 2020 году. На участке выведения КК «Союз МС» на орбиту у 2 космонавтов и 1 астронавта переносимость перегрузок направления «грудь-спина» (+Gx) была хорошей в 100% наблюдений. Переносимость перегрузок 3 космонавтами на участке штатного спуска с орбиты на Землю в 100% случаев оценена удовлетворительной.

Определена величина перенесенных перегрузок «грудь-спина» (+Gx) с максимальной величиной 6,7 ед. российским космонавтом (47 лет, 2-й полет) и американским астронавтом (43 года, 1-й полет) при посадке по режиму баллистического спуска (БС) в условиях нештатного запуска КК. Максимальное значение перегрузок при прохождении плотных слоев атмосферы по режиму БС на этапе возвращения спускаемого аппарата КК на Землю составило 6,7 ед.

Переносимость перегрузок +Gx российским космонавтом и американским астронавтом оценена как «хорошая».

Показаны значимые изменения венозного оттока из полости черепа в условиях моделируемой микрогравитации (21-суточной «сухой» иммерсии): значительное уменьшение площади поперечного сечения внутренних яремных вен, уменьшение скорости кровотока по нижней поллой вене. Выявлены значимые изменения акустических сенсорных структур головного мозга. Показано положительное влияние использования вращений на центрифуге короткого радиуса (ЦКР) в качестве профилактического воздействия искуственной силы тяжести на внутричерепную гемодинамику.

Показано, что в течение 6 месяцев интегративные эффекты комбинированного действия синхронного квазихронического гамма-облучения и АНОВ с дальнейшим облучением головы крыс протонами высокой энергии с учетом типологических характеристик экспериментальных животных достаточно успешно нивелируются. В то же время значимые различия, связанные с типологическими особенностями животных, сохраняются и в долгосрочной перспективе.

Выявлены значимые различия в средних амплитудах и частотах электроэнцефалограммы (ЭЭГ) у крыс с различными типологическими характеристиками высшей нерв-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ной деятельности (ВНД). Показана смена доминирующего ритма у животных, подтвержденных экспериментальным воздействием.</p> <p>Выявлены существенные различия в метаболизме моноаминов в ключевых структурах мозга животных с различными типологическими характеристиками ВНД, сочетающиеся с их проявлением на интегративном уровне.</p> <p>Выполнены расчеты эффективных доз, полученных космонавтами при длительной работе на МКС, рассмотрены результаты экспериментальных и теоретических исследований воздействия природных и техногенных радиационных условий на водную среду обитания живых систем. Представлено научное обоснование необходимого комплекса дозиметрической аппаратуры для обеспечения радиационной безопасности при перспективных будущих пилотируемых полетах.</p> <p>Выявлено, что состояние безопорности (30-сут антигравитационное вывешивание мышцей) приводит к угнетению активности остеопрогениторов костного мозга, определяющих процессы ремоделирования костной ткани на фоне снижения их остеопластической функции, выражающееся в изменении экспрессии молекул межклеточного взаимодействия, содержания цитокинов и транскрипции генов, обеспечивающих гомеостаз ниши костного мозга. После 12 ч возобновления опорной нагрузки наблюдалось неполное восстановление транскрипционной активности стромальных клеток костного мозга, а также повышение уровня провоспалительных медиаторов, что дает основание рассматривать острый период восстановления опорной нагрузки как стресс, проявляющийся «цитокиновым всплеском» на уровне ниши костного мозга.</p> <p>Выполнена проверка ожидаемой связи результатов конкретного метода – оценки особенностей вегетативной регуляции по данным масс-спектрометрического анализа протеома мочи с показателями других методов (компьютерного анализа ЭКГ с оценкой variabilityности сердечного ритма), характеризующих вегетативный статус здоровых обследуемых. «Конвергентная валидация» подтверждена достоверным коэффициентом корреляции основных физиологических показателей сердечного ритма и некоторых биохимических показателей типа вегетативной регуляции сердечного ритма и некоторых биохимических показателей крови. Для оценки «прогностической валидности» в представленном исследовании</p>

довании впервые установлены различия в вариабельности протеома мочи и некоторых биохимических показателей крови, отражающих особенности адаптации к КП у здоровых лиц с доминированием симпатических и парасимпатических влияний.

Объектами исследования являлись 6-ти месячные особи японского перепела, эмбрионез которых проходил в гипомагнитных условиях (снижение магнитного поля в 1000 раз), поколение F1 и птицы, полученные от F1 – второе поколение F2 и F3 поколение, полученное от птиц поколения F2 в сравнении со взрослой птицей контрольной группы.

Анализ гистологической картины яичников взрослых самок опытных групп показал, что имеются незначительные отличия в структуре яичников, а именно отставание в развитии отдельных фолликул. В яйцеводах взрослых птиц во всех опытных группах имелись зародыши яиц на разных сроках созревания. Однако значительное количество их, особенно в третьей опытной группе, были неоплодотворенными.

Гистологические исследования семенников взрослых самцов японского перепела в трех последовательных поколениях, в том числе F1, эмбрионез которых проходил при ослабленном магнитном поле Земли в 1000 раз, а также следующие поколения, F2F3 полученные от F1, выявили нарушения в отдельных семенных каналах, особенно ярко выраженные изменения у самцов поколения F3, где имеется нарушение сперматогенного эпителиа с отеком стромы.

Показано, что при контактах в условиях социальной изоляции с Центром управления полетами (ЦУП) и кураторами экспериментов по изучению влияния культивирования, том числе для получения пищевой микрозелени в длительных экспериментах в условиях гермообитаемого объема высших растений на психический статус членов экипажа и уровень конфликтной напряженности женщины, по сравнению с мужчинами, чаще выражали эмоции радости и грусти по поводу роста, развития и внешнего вида растений во время периода изоляции (данные экспериментов «Марс-500», «Сириус-17» и «Сириус-19»).

Экспериментально показано, что морфогенез корневой системы в значительной мере зависит от соотношения красной и синей составляющих в спектре излучения: высокая доля синего света в спектре стимулирует удлинение боковых корней, а красного света – появление новых боковых корней.

При регенерации санитарно-гигиенической воды с помощью барботирования озоном было достигнуто снижение содержания органического углерода в составе органических примесей приблизительно в 2 раза до уровня 19,8 мг/л. Аналогичное содержание органических примесей отмечено и в конденсате оранжереи при замкнутом по газообмену

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>культивировании растений. Имитат конденсата был использован для полива растений пшеницы сорта Апогей во второй серии опытов и показано, что рост и развитие растений существенным образом не изменяются. Таким образом, первые эксперименты показали, что использование регенерированной с помощью озона санитарно-гигиенической воды для полива растений возможно.</p> <p>Выявлено, что наиболее губительное воздействие на споры микроорганизмов, пенициллов, стрептококков, стафилококков, дрожжей, грибов, бактерий, вызывающих различные заболевания растений, оказывает ультрафиолетовое излучение. Устойчивость к радиационному фактору у микроорганизмов зависит от времени воздействия, расстояния от источника излучения и видовой принадлежности микроорганизма.</p> <p>Определено, что наибольшая выживаемость была характерна для спор, испытывавших воздействие факторов космической среды, наименее жизнеспособным оказался исходный контрольный штамм, не подверженный влиянию факторов КП как на МКС, так и в лабораторной имитации.</p> <p>Обнаружено, что спорообразующие бактерии являются наиболее устойчивыми к воздействию факторов КП, но даже выжившие экспериментальные штаммы не приобрели резистентности и оказались менее жизнеспособными по сравнению с штаммами, не испытывавшими предварительных воздействий.</p> <p style="text-align: center;">ГНЦ РФ – ИМБП РАН</p> <p>Выявлены особенности электрической активности сердца в период раннего постнатального развития и полового созревания у потомства (F1) крыс, потреблявших раствор этанола более 7-ми месяцев. Установлено, что у неалкоголизованных крыс F1 в области стенок желудочков возникают дополнительные отрицательные экстремумы, отражающие внутрисердечные блокады и задержки распространения волн возбуждения, которые могут быть триггерами аритмогенеза.</p> <p>Впервые в мире разработана методика оценки нарушений ДНК в одно- и двух клеточных эмбрионах для инструментального выявления генотоксических событий в половых и зародышевых клетках. Методика обеспечивает следующие преимущества перед существующими:</p>

1) повышает надежность оценки генетической безопасности лекарств и других соединений;

2) определяет новые подходы к изучению патологий, связанных с индуцированным мутагенезом и выявления ранних репродуктивных потерь;

3) создает методологию поиска средств фармакологической профилактики наследственных заболеваний.

Получены новые данные о возможности использования агонистов $\sigma 1$ -рецепторов в качестве потенциальных лекарственных средств для лечения коронаро- и коронарогенных заболеваний миокарда. На культуре клеток эндотелия человека HUVEC фабомотизол увеличивает длину микротрубочек, проявляя связанную с активацией $\sigma 1$ -рецепторов ангиогенную активность. На трансляционной модели постинфарктной хронической сердечной недостаточности у крыс фабомотизол значимо уменьшает количество кардиомиоцитов, находящихся в состоянии сенесенса, характеризующегося устойчивой к апоптозу остановкой клеточного цикла.

Установлена возможность фармакологической коррекции проявлений алкогольной зависимости с помощью низкомолекулярного миметика 2-й петли BDNF, активирующего тирозинкиназные TrkB рецепторы.

НИИ фармакологии имени В.В.Закусова

В ходе изучения общих и индивидуальных особенностей электрогенеза корковых структур и определения дезадаптационных нарушений системной деятельности мозга у взрослых лиц в условиях острого дефицита кислорода (гипоксической гипоксии): установлено диагностическое значение интегрального временного параметра, рассчитываемого по структурной функции многоканальной ЭЭГ и характеризующего масштаб временной связности процессов для оценки индивидуальной чувствительности к гипоксии. Создана матрица влияния отдельных факторов среды при мониторинге физиологических показателей у группы добровольцев, проживающих в Заполярье (67° с.ш.) и выявлено, что на кардиогемодинамику, психомоторные процессы, эмоциональное состояние оказывают большее влияние солнечная активность и лунные циклы, чем геомагнитная активность и метеофакторы. На биоэлектрические процессы головного мозга при оценке интегральных параметров многоканальной ЭЭГ в наибольшей степени влияли гелио- и геомагнитные факторы.

В модели принудительного плавления крыс ранее была установлена более высокая эффективность хлорида аммония (ХА) в дозе 20 мг/кг по сравнению с дозой 10 мг/кг,

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>тогда как повышение дозы карбоната аммония (КА) до 20 мг/кг снижало работоспособность. Однако выводы об эффективности препаратов без учета их влияния на состояние иммунной системы не могут считаться обоснованными. Иммунологические показатели сопоставлены с продолжительностью плавания в последний день нагрузки и со средней продолжительностью за 4 дня предельной нагрузки. Выявленные изменения свидетельствуют о высокой адаптивной эффективности ХА в дозе 20 мг/кг, т.к. у крыс этой группы не выявлено признаков дезадаптации и перенапряжения иммунитета. КА в дозе 10 мг/кг повышает работоспособность, но это сопряжено с мобилизацией клеточного иммунитета крыс, а повышение дозы КА ведет к срыву адаптации иммунной системы крыс.</p> <p style="text-align: center;">ИЭФБ РАН</p> <p>Созданы линии крыс с различным уровнем возбудимости нервной системы – модель формирования дезадаптивных состояний под влиянием стресса и негативных факторов среды в зависимости от особенностей функционирования нервной системы. Отбор крыс из популяции линии Вистар по величине порога возбудимости при раздражении электрическим током большеберцового нерва (n. tibialis) привел к выведению линий крыс ВП и НП с контрастными величинами порогов возбудимости как периферических, так и центральных отделов нервной системы. Различия по возбудимости коррелируют с целым рядом условно- и безусловно-рефлекторных поведенческих признаков. Линии демонстрируют различную чувствительность к нейротоксикантам и мутагенам. Высокая и низкая возбудимость нервной системы являются факторами риска развития под влиянием стресса и долготренировки течения тревожно-депрессивных расстройств, имеющих особенности проявления на различных уровнях (поведенческом, анатомическом, эндокринном, молекулярном) и специфически связанных с уровнем возбудимости нервной системы.</p> <p>Пренатальная гипоксия приводит к устойчивому снижению транскрипционной активности генома, сопровождающемуся преждевременным старением. Проведен скрининг эпигенетических модификаций хроматина: acH_3K_{24}, meH_3K_4, meH_3K_9, $meDNA$ в неокортексе (NeoV) и гиппокампе (CA1) на протяжении жизни крыс, переживших пренатальную гипоксию (ПГ) на 14–16-е сутки эмбриогенеза. Были обнаружены возрастные изме-</p>

нения mtDNA и meH_3K_9 (но не meH_3K_4) у контрольных животных, а именно снижение уровня mtDNA и meH_3K_9 у старых 18-месячных крыс по сравнению с 3-месячными. ПП приводит к устойчивому (до 18 месяцев) увеличению уровня mtDNA в исследованных структурах мозга. При этом наблюдается прогрессирующее с возрастом снижение уровня meH_3K_4 – активационной модификации хроматина в гиппокампе и неокортексе крыс. Обнаруженные молекулярные изменения коррелировали с нарастающим когнитивным дефицитом, свидетельствующим о преждевременном старении мозга. Таким образом, снижение транскрипционной активности генома животных, перенесших внутриутробную гипоксию, может лежать в основе проявляющихся с возрастом нарушений поведения и способности к обучению и приводить к преждевременному старению мозга.

Механизмы влияния гиперцитокинемии на регуляцию вентиляционной функции легких. Компенсаторное увеличение вентиляции легких при снижении содержания кислорода в артериальной крови обеспечивает нормализацию газового состава крови. Установлено, что повышение системного уровня провоспалительных цитокинов ИЛ-1 β и ФНО- α , являющихся ключевыми в развитии гиперцитокинемии, ослабляет вентиляционный ответ на гипоксию, ухудшая компенсаторные возможности дыхательной системы. Ингибирование циклооксигеназной или NO-синтазной активности элиминирует влияние данных цитокинов на гипоксический ответ, что указывает на угнетение гипоксического хеморефлекса посредством усиления синтеза простагландинов, вызванного активацией и взаимодействием циклооксигеназных и NO-синтазных путей в гломусных клетках каротидного тела и эндотелии церебральных сосудов при активации цитокиновых рецепторов. Предлагается новый подход к исследованию патогенеза системного воспаления, основанный на изучении особенностей рефлекторной регуляции висцеральных функций в условиях гиперцитокинемии.

Высокосолевая диета вызывает снижение дилататорных реакций артерий преимущественно за счет уменьшения продукции оксида азота. В большинстве стран потребление Na^+ значительно превышает физиологическую потребность, что повышает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний и инсульта. Изучены реакции изолированных аорты (А) и верхней брыжечной артерии (ВБА) крыс Wistar (σ), получавших на протяжении 3-х мес. рацион с содержанием 8% NaCl, на вазоактивные вещества. Индуцируемая ацетилхолином (АХ) релаксация сосудов крыс, содержащихся на высокосолевой диете (HS), имела меньшую амплитуду по сравнению с контролем (NS). Установлено, что ослабление релаксации А и ВБА HS крыс происходило вследствие снижения продукции

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>эндотелием оксида азота (NO). В ВБА HS крыс уменьшение NO-опосредованной релаксации частично компенсировалось возрастанием продукции эндотелиального гиперполяризующего фактора (EDHF). Полученные данные также показывают, что одним из EDHF в ВБА крыс является сероводород, роль которого в релаксации артерий возрастает у HS-крыс. Полученные данные позволяют для улучшения кровотока в тканях у пациентов с гипертонической болезнью и хронической болезнью почек рекомендовать к апробации медленные донаторы сероводорода.</p> <p style="text-align: center;">ИФ РАН</p> <p>Результаты показали уменьшение уровня экспрессии провоспалительных цитокинов (TNF-α and IL-6) в крови и мозге, снижение количества дегенеративно измененных нейронов в регионе CA1 гиппокампа у животных, получавших терапию соединениями, содержащими фторэтокси и метокси группы, что может свидетельствовать о нейропротективном действии предложенных соединений. Наблюдаемый лечебный эффект превосходил эффект целекоксиба, известного нестероидного противовоспалительного средства. Однако результаты <i>ex vivo</i> распределения радиотрассированных производных в органах и тканях крыс Вистар с ЛПС моделью воспаления показали, что высокий процент (>99%) связывания радиотрейсера с липопротеинами крови значительно понижает уровень накопления его в мозге, что ограничивает применение новых фторэтоксипроизводных MX в качестве ПЭТ радиотрейсеров. Планируется модификация структуры производных MX с целью уменьшения липофильности, которая, как известно, коррелирует с неспецифическим связыванием.</p> <p style="text-align: center;">ИМЧ РАН</p> <p>Важную роль в саморегуляции миокарда в ответ на изменение механической нагрузки и механическое взаимодействие между неоднородными сегментами миокарда в стенках желудочка сердца играют механизмы механокальциевой (МКОС) и механоэлектрической (МЭОС) обратной связи. На лабораторных животных МКОС и МЭОС наблюдаются в классических экспериментах (грузозависимость и зависимость от длины</p>

в изометрических сокращениях и т.д.), в которых регистрируются соответствующие изменения концентрации внутриклеточного кальция (кальциевых переходов) и потенциалов действия в ответ на механические воздействия. Однако чрезвычайно трудно одновременно изучать электрическую, кальциевую и механическую активность сердечной мышцы человека *in vivo*, особенно в связи с естественной ограниченностью экспериментального материала. Разработана математическая модель, описывающая электро-механические связи и механоэлектрические обратные связи в кардиомиоците человека. Она объединяет широко используемую электрофизиологическую модель кардиомиоцита человека 'tenTusscher – Panfilov' с созданным нами ранее блоком механической активности миокарда, адаптированным к экспериментальным данным на миокарде человека. В рамках новой модели воспроизведены изометрические и постнагрузочные сокращения кардиомиоцита человека. Обнаружено, что МКОС и МЭОС значительно влияют на продолжительность кальциевого перехода и потенциалов действия в модели кардиомиоцитов человека в ответ как на изменение постнагрузки, так и на различные механические воздействия, применяемые во время изометрических и постнагрузочных циклов сокращения-расслабления.

Вращающиеся спиральные волны электрического возбуждения лежат в основе многих опасных сердечных аритмий. Неоднородность миокарда – один из факторов, влияющих на динамику таких волн. Результаты данного исследования получены при моделировании динамики спиральной волны в гетерогенной модели левого желудочка человека с аналитическим анатомическим представлением геометрии и анизотропии. На клеточном уровне использована модель кардиомиоцита левого желудочка человека TR06. Показано, что в модели, учитывающей апикобазальную неоднородность, резко меняется динамика спиральной волны. В однородной модели спиральная волна аннигилирует в основании, но умеренная неоднородность заставляет волну двигаться к верхушке желудочка, а затем непрерывно вращаться вокруг нее. Это соответствует мономорфной желудочковой тахикардии в реальном сердце. При увеличении степени неоднородности увеличивается и частота сердечбиения. В моделях с большой неоднородностью наблюдается образование дополнительных разрывов волн и возникновение волн сложной формы, то есть мономорфная желудочковая тахикардия переходит в полиморфную. Результаты численных экспериментов показывают, что спиральная волна, возникающая в левом желудочке сердца человека, вероятнее всего будет дрейфовать на верхушку. Этот факт может быть важен при разработке клинических вмешательств.

ИИФ УрО РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>С помощью эхоплеркардиографического метода у элитных лыжников-гонщиков зимой (в декабре) зарегистрирована регургитация кровотока на трикуспидальном клапане. Градиент давления регургитации в среднем составлял $17,5 \pm 4,4$ мм. рт. ст. При этом гипертензии на легочной артерии не обнаружено. Мы предполагаем, что при интенсивных физических нагрузках повышенный транстрикуспидальный реверсивный кровоток, увеличивающий волемическую нагрузку в правом предсердии, может вызывать механическое растяжение латентных пейсмекерных миоцитов, локализующихся в створках трикуспидального клапана, и провоцировать их спонтанную пейсмекерную активность, что может способствовать риску возникновения нарушений ритма сердца у спортсменов.</p> <p>Установлено, что у лыжников-гонщиков максимальные значения легочных объемов наблюдали с ноября по март, минимальные – с июня по октябрь. Годовой дрейф показателей составил от 56,3 до 11,5% и наиболее выражен для резервных объемов вдоха и выдоха, дыхательного объема. У спортсменов в течение годового погодно-климатического цикла происходит более глубокое ремоделирование дыхательной системы по сравнению с мужчинами, не занимающимися спортом. Выявленные особенности функционирования дыхательной системы позволяют более эффективно и целенаправленно планировать тренировочный процесс, поддержание высокого уровня физической работоспособности и меры коррекции здоровья в условиях Севера. Однократный приём ССВ животными, содержащимися в стандартных условиях вивария, способствовал уменьшению количества эритроцитов на фоне увеличения их объема; увеличению абсолютного и относительного количества ретикулоцитов, а также повышению в крови животных уровня метаболита оксида азота (NO_3). Выполнение животными теста «до отказа» в низкоинтенсивном режиме и не принимавших ССВ, а также в условиях однократного приема ССВ, сопровождалось статистически значимым изменением эндотелиальной активности за счет увеличения количества NO_x и его стабильных метаболитов (NO_2, NO_3) и повышением содержания в плазме крови магния, фосфора, кальция. Однократный прием ССВ перед тестом с 4-х процентным утяжелением способствовал статистически значимому уменьшению количества юных и сегментоядерных нейтрофилов, увеличению количества лейкоцитов за счет лимфоцитов и снижению концентрации гемоглобина в эритроцитах животных. Полагаем, что</p>

ССВ способствует улучшению оксигенации тканей и более эффективному использованию кислорода, что подтверждается отсутствием статистически значимых изменений содержания продуктов перекисного окисления липидов и активности ферментов антиоксидантной системы. Об эффективности использования кислорода тканями при физической нагрузке средней интенсивности может свидетельствовать факт положительного влияния ССВ на усиление активности сукцинатдегидрогеназы митохондрий печени крыс.

Изучены электрические свойства миокарда и параметры насосной функции у животных разных систематических групп при повышении частоты сердечных сокращений (ЧСС) с помощью электростимуляции предсердий. Определены максимальные величины ЧСС у теплокровных и холоднокровных животных, по достижении которых нарушается сократительная функция и электрофизиологическая организация желудочкового миокарда.

В рамках модели ECGSIM моделировали ЭКГ-отображение локальных изменений дисперсии реполяризации разной локализации с целью найти специфичные ЭКГ-маркеры локального увеличения дисперсии реполяризации в условиях, когда глобальная дисперсия реполяризации не увеличена. Моделирование показало, что локальное повышение дисперсии реполяризации выражается в возрастании различий в моментах Tpeak и Tend между соседними анатомически упорядоченными отведениями (aVL, I, aVR (-), II, aVF, III и V1-V6), даже если глобальная дисперсия реполяризации, глобальный Tpeak-Tend и дисперсия Tpeak-Tend не увеличены.

Проведена оценка вклада тока $\text{Na}^+/\text{Ca}_2^+$ -обменного механизма (INCX) в формировании морфологии потенциалов действия у клеток правого предсердия куриного эмбриона. Полученные данные позволяют заключить, что вклад тока Na/Ca -обменного механизма вносит заметный (20-30%) вклад в формирование автоматизма клеток водителя ритма сердца куриного эмбриона.

ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

Выявлены маркеры преобладающей контаминации среды проживания, включающие показатели вариабельности сердечного ритма (BCP), неспецифической иммунорезистентности, элементного содержания в волосах, структуры цитогенетических нарушений. Показано, что на территории сравнения с выраженными вкладами природных и техногенных источников ионизирующего излучения (ИИИ), мощность всех спектральных составляющих BCP у детей в 2 раза ниже, также как ниже иммунный статус и существенно выше частота встречаемости микроядер в лимфоцитах крови и в клетках букального

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>эпителия у детей, чем на других территориях сравнения. Выявлены прогностические характеристики структуры цитогенетических нарушений, позволяющие подразделять преобладающую контаминацию на генотоксическую, остротоксическую и канцерогенную.</p> <p>Охарактеризованы территории сравнения по доминирующим вкладам техногенной контаминации и распространённости преобладающих заболеваний у детей. Показано, что заболеваемость детей модулируется двухфакторным механизмом глобального происхождения с альтернативной направленностью. Выявлено преобладающее воздействие одного из двух факторов такого механизма в зависимости от характера контаминации территории. Показано, что заболеваемость детского населения в Арктике обусловлена локальной территориальной контаминацией среды проживания, чувствительность к воздействию которой модулируется глобальными геофизическими агентами – геомагнитной активностью и потоками космических лучей.</p> <p style="text-align: center;">НИЦ МБП КНЦ РАН</p> <p>Установлены особенности вегетативной регуляции кардиоритма у юношей 15–17 лет уроженцев Магаданской области в 1–2 поколениях при ортостатической нагрузке, являющейся высокоинформативным тестом оценки резервных возможностей системы кардиогемодинамики человека при воздействии на него экстремальных факторов среды. Установлено, что у лиц со сниженными функциональными резервами и преобладанием симпатической нервной регуляции, влияние активности сосудодвигательного центра при ортостазе повышается, в то время как у ваго- и нормотоников снижается, что проявляется в значениях мощности низкочастотной составляющей (LF) в общей структуре спектра variability сердечного ритма. Динамика данного показателя может служить критерием для отбора контингента лиц с высокими функциональными резервами сердечно-сосудистой системы.</p> <p>Установлено, что тренировки с дыханием в замкнутом пространстве (ререспирация) влияют на изменение холодовой устойчивости человека, что отражается в сохранении или даже повышении температуры тыла кисти, а также в структуре ее тепловизионного паттерна в процессе выполнения пробы с локальной низкотемпературной водной иммер-</p>

	<p>сий. Разработанная функциональная проба может быть использована при отборе лиц и контингентов, направляемых для краткосрочного или долгосрочного пребывания в субарктических и арктических условиях.</p> <p>НИЦ «Арктика» ДВО РАН</p>
	<p align="center">VIII. Медицинские науки</p>
<p align="center"><i>Исследование фундаментальных основ жизнедеятельности в норме и при патологии</i></p>	<p>66. Интегративные основы деятельности головного мозга в норме и при патологии</p> <p>В исследовании было впервые выявлено значимое улучшение состояния тромбоцитарного и плазменного гемостаза у больных шизофренией после психофармакотерапии. Показано, что комбинированный показатель тромбодинамики (ТД) и нейроиммунотеста у детей с расстройством аутистического спектра (РАС) имеет наилучшую корреляцию с тяжестью кататонии. Показатели ТД у больных шизофренией до лечения связаны с выраженностью негативных симптомов шизофрении. Разработан и апробирован более простой и дешевый метод для подсчета провоспалительных моноцитов с использованием счетчика клеток Multisizer 4М, чем при проточной цитометрии.</p> <p>Были обнаружены анатомо-морфологические аномалии головного мозга при шизофрении в виде снижения толщины серого вещества в ряде областей префронтальной и височной коры, при этом в первом случае были выявлены косвенные маркеры, свидетельствующие о преобладании снижения толщины супрагранулярного по сравнению с инфрагранулярным слоем коры (использованные методы являются уникальными для российских исследований). Анализ функциональной связанности головного мозга при шизофрении выявил ее снижение между областями, участвующими в восприятии речи, и передней поясной извилиной, связанной с осуществлением регуляторных функций.</p> <p>Показанно достоверное снижение численной плотности групп олигодендроцитов в хвостатом ядре при шизофрении, что может быть следствием нарушений процессов пролиферации и/или дифференцировки олигодендроцитов. В белом веществе префронтальной коры при шизофрении найдены достоверные ультраструктурные дистрофические изменения олигодендроцитов, контактирующих с микроглией, и микроглии, контактирующей с олигодендроцитами. Дефицит митохондрий в олигодендроцитах при шизофрении связан с повышением численной плотности микроглии.</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Выявлены спектральные параметры исходной фоновой ЭЭГ, позволяющие прогнозировать терапевтический ответ (в терминах «респондер» / «нон-респондер») на комбинированную антидепрессивную терапию, включающую сеансы высокочастотной транскраниальной магнитной стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры левого полушария у больных фармакорезистентной депрессией. Обнаружены различия параметров ЭЭГ у больных депрессией юношеского возраста с разными формами аутоагрессивного поведения, что важно для прогноза их суицидального риска. Выявлены ЭЭГ-корреляты сенсорных, когнитивных и поведенческих нарушений у детей с РАС, информативные в отношении дифференциально-диагностических уточнений и назначения терапии. Полученные новые результаты важны для понимания мозговых механизмов психической патологии, для разработки и коррекции персонализированных стратегий лечения, а также прогноза эффективности терапии и качества ремиссии в клинической психиатрии.</p> <p>В рамках исследования астенического синдрома при шизофрении в ремиссии впервые выявлено два варианта астенического симптомокомплекса (аффективно-астенический и негативно-астенический), отличающиеся клиническими проявлениями и характеризующиеся определенными особенностями иммунного статуса. Выявленные иммунологические отличия послужили основанием для аугментации комплексной терапии больных имунотропным препаратом «Бестим». Показано, что соотношение активности ЛЭ к $\alpha 1$-ПИ (ЛЭ – лейкоцитарная эластаза и $\alpha 1$-ПИ $\alpha 1$-протеазный ингибитор) (ЛИИ индексе) является объективным статистически корректным критерием астенического симптомокомплекса у пациентов с шизофренией. Показана роль факторов воспаления при депрессии у пациентов позднего возраста. Показана перспективность определения активности ферментов энергетического, глутаматного и глутатинового метаболизма в тромбоцитах пациентов с эндогенными заболеваниями. Впервые показаны отличные от плацебо эффекты пептидного анксиолитика Селанка и ноотропа Семакса на состоянии значимых структур головного мозга человека (амигдала, префронтальная кора и пр.). Впервые методом фМРТ подтверждено влияние Семакса и Селанка на нейрональные сети головного мозга и выявлена топография этих эффектов.</p> <p style="text-align: right;">НЦПЗ</p>

С помощью функциональной МРТ (фМРТ) установлено, что при прогрессировании хронической ишемии мозга снижение когнитивных функций сопровождается снижением коннективности в дорзальной нейросети внимания, а также в визуальной и сенсомоторных нейросетях мозга.

У пациентов с ожирением по данным фМРТ показано снижение активации в зоне дорсолатеральной префронтальной коры (ДЛПФК) по сравнению со здоровыми добровольцами. Большой объем активации в указанной зоне рассматривается как предиктор лучшего контроля за пищевым поведением. После курса терапии препаратом с анорексигенным механизмом на фоне ограничения питания выявлено уменьшение прироста к высококалорийной пище и снижению веса у пациентов, что сочеталось со снижением объема активации в зоне ДЛПФК.

Выявлена чувствительность ГАМКА рецепторов к положительному аллостерическому модулятору $\alpha 7$ -холинорецепторов PNU-120596. Выявлены молекулярные детерминанты потенциации активности ГАМКА рецепторов нейростероидами.

НЦН

В экспериментальных исследованиях памяти разработана модель обучения мышей условно-рефлекторному замиранию на комплексный условный сигнал, состоящий из светового и звукового компонентов. Показано, что комплексная ассоциативная память отличается от памяти о дискретном условном сигнале по характеристикам формирования, скорости консолидации и угашения, а также по паттерну структур мозга, критически вовлекающихся в формирование и воспроизведение памяти. Впервые выявлено, что комплексная ассоциативная память формируется за счет совместной активации сенсорных областей на первом этапе и последующего формирования массивов функциональных связей сенсорных областей с ассоциативными областями в процессе системной консолидации памяти. Полученные данные расширяют современные представления о механизмах формирования и поддержания различных типов ассоциаций, что может быть использовано в биомедицинских исследованиях для оценки нервных основ патологических и восстановительных процессов.

В опытах на виноградных улитках получены приоритетные данные о роли эпигенетических процессов, в частности метилирования ДНК в механизмах антероградной амнезии. Выявлено, что у амнезизированных животных введение ингибитора ДНК метилтрансферазы RG108 при повторном обучении приводит к быстрому формированию

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>долговременной памяти условной пищевой аверсии. Выдвинута гипотеза, что в основе антероградной амнезии лежит зависимость от метилирования репрессия генов нейронов, вовлекаемых в консолидацию памяти. При этом ингибирование ДНК метилтрансфераз во время повторного обучения устраняет блокаду экспрессии этих генов, открывая доступ к ним белков транскрипционных факторов, синтезируемых во время обучения. Представленные сведения о молекулярных механизмах антероградной амнезии, а также восстановление памяти перспективны для разработки новых подходов к фармакологической коррекции этой нервно-психической патологии.</p> <p>В экспериментах на модели обучения животных сложному инструментальному навыку документирована роль комплекса β-эндорфина с модифицированными липопротеидами низкой плотности в иммунных механизмах реализации и нарушений мотивационно-подкрепляющих отношений. Показано, что введение такой комбинации уменьшает иммуногенное и провоспалительное действие эндогенных модифицированных липопroteinов низкой плотности, циркулирующих свободно или входящих в состав иммунных комплексов. Представленные факты указывают на вовлечение комплекса β-эндорфина с модифицированными липопротеидами низкой плотности в модуляцию центрально-периферических иммунных механизмов регуляции поведения, обеспечивающих процессы адаптации и компенсации нарушенных функций. Полученные данные перспективны в плане разработки новых лекарственных препаратов для коррекции начальных стадий развития такой патологии, как атеросклероз.</p> <p>В опытах на животных получены новые сведения о роли опиоидных рецепторов в реализации пищевого поведения в условиях различных энергетических затрат на такую форму активности. Внутривенное введение агониста мю-опиоидных рецепторов DAMGO приводило к повышению уровня пищевой мотивации при «легком» варианте оперантного пищевого поведения, что не сопровождалось изменением потребления корма. Показано, что при высоких энергетических затратах на пищевое поведение DAMGO не изменяет пищевую мотивацию, но снижает потребление корма и двигательную активность крыс. Выявлено, что введение агониста дельта-опиоидных рецепторов DADLE, не оказывая влияния на уровень пищевой мотивации и физической активности,</p>

подавляет пищевое поведение. Выдвинуто предположение о наличии 3-х путей регуляции пищевого поведения с вовлечением опиоидных рецепторов желудка: (1) экогенный – ингибиторные афферентации и подавление реализации пищевой мотивации в поведении; (2) гомеостатический – угнетающее действие на пищевую мотивацию; (3) поощрительный – подавление опережающего подкрепления. Полученные данные подтверждают факт периферической регуляции реализации пищевой мотивации в поведении, а также обосновывают возможность воздействия на этот процесс лекарственными препаратами, пищевыми добавками и продуктами, имеющими опиоидную активность.

В наблюдениях на людях изучены нейрофизиологические особенности процессов достижения результатов когнитивной и сенсомоторной деятельности в различных ситуационных и социальных контекстах в зависимости от фоновой организации ЭЭГ-активности. Обнаружены взаимосвязи спектрально-когерентных характеристик ЭЭГ испытуемых с показателями индивидуальной результативности и эффективности выполнения сенсомоторных тестов в диадах в конкурентном и кооперативном контекстах деятельности. Представлены доказательства наличия существенных различий в функциональной перестройке исходной ЭЭГ у «победителей» и «проигравших». Полученные данные перспективны в плане прогноза результативности совместной деятельности людей и подбора команд, способных к наиболее успешному выполнению задачи в разных областях профессиональной деятельности.

В наблюдениях на людях изучена динамика и временные различия между развитием мышечной адаптации и улучшением двигательных навыков. Разработана оригинальная экспериментальная методика по типу «обучения силовому управлению» (англ. «force field learning»), включающая применение силового джойстика. Исследования с многократными повторениями управляющих малоамплитудных движений для перемещения объекта на экране выявили расхождение во времени различных составляющих, необходимых для оптимизации выполнения задачи. Показано, что после повышения эффективности выполнения задачи за счёт корректировки стратегии дальнейшее улучшение результата связано с выбором соответствующего усилия в ходе реализации манипуляционного навыка. Полученные данные по оптимизации управления движениями у человека («рост мастерства») могут найти применение в практике медицинской реабилитации, диагностики и прогноза двигательных нарушений, выбора эффективных режимов тренировок, профессиональной подготовки врачей хирургического профиля.

НИИ НФ им. П.К. Анохина

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Разработаны новые подходы к изучению повреждения клеток головного мозга при травме с помощью исследования внутриклеточного ионного гомеостаза in vivo с использованием широкопольного оптического имиджинга.</p> <p>Получены новые данные, свидетельствующие об эффективности применения анти-тел к глутамату для подавления основных симптомов паркинсонического синдрома в эксперименте.</p> <p>Впервые показано, что эффективная индукция/активация PGC-1α реализует нейро-протекторные эффекты сигнальных молекул, но это осуществляется при совокупном воздействии фармакологическими агентами (мексидол, семакс) и реализуется через специфические рецепторы (в исследовании SUCNR1, MSRs), которые способствуют усилению перфузии/оксигенации ишемизированного участка мозга и провоспалительной поляризации иммунных клеток и микроглии.</p> <p>Получены новые данные о вовлечении сукцинатсодержащего препарата мексидол в противовоспалительную поляризацию микроглии в стареющем мозге, которые раскрывают новый механизм нейропротекторной активности мексидола и развивают представления о церебральных эффектах сукцинат/SUCNR1-сигнализации.</p> <p>НИИ ОПП</p> <p>Разработаны новые методы прогнозирования и ранней диагностики когнитивных нарушений при цереброваскулярных и нейродегенеративных заболеваниях, в частности показано, что повышение активности m-кальпаина в крови пациентов с болезнью Паркинсона является показателем перехода начальных стадий заболевания на развернутые.</p> <p>Установлено, что использование антител к нефосфорилированной форме тяжелых цепей нейтрофилов позволяет легко идентифицировать дегенерирующие нервные волокна и может быть рекомендовано в качестве альтернативного метода выявления аксонального повреждения.</p> <p>Выявлены типы изменений кишечного микробиома у пациентов с рассеянным склерозом (РС), которые чаще встречаются при более тяжелом течении РС. На модели экспериментального аллергического энцефаломиелита определены протективные виды</p>

микроорганизмов (энтерококки, эшерихии, бактерии и фекалобактерии). Показана возможность применения пробиотических энтерококков для коррекции состава микробиоты при РС.

ИЭМ

В выборке здоровых испытуемых и пациентов с диагнозом большое депрессивное расстройство были изучены предиктивные свойства индивидуальной чувствительности подкрепляющей системы к специфическим для нее стимулам на выраженность депрессии и ее основных симптомов (ангедонии, патологической руминации, психомоторной ретардации и суицидальной идеации).

Установлено, что низкие значения амплитуды LPP зрительных вызванных потенциалов на сигналы положительного подкрепления предсказывают высокие показатели выраженности депрессии и ее основных симптомов. Впервые продемонстрирована прогностическая значимость LPP на сильные позитивные мотивационно значимые стимулы в отношении патологической руминации и психомоторной ретардации. Полученные данные могут использоваться в объективной диагностике депрессивной симптоматики и в разработке таргетированных терапевтических вмешательств.

Исследованы ЭЭГ корреляты активности сетей покоя, такие как дефолтная сеть (ДФ) и сети регуляции внимания (СВ), и их роль в когнитивных и эмоциональных процессах. Полученные данные показывают важную роль сетей покоя в процессах принятия моральных решений, возникновении симптомов депрессии и тревожности, а также в используемых стратегиях регуляции эмоций. Эти данные позволяют могут быть использованы для разработки новых методов диагностики и лечения ряда психопатологий.

Впервые в модели, основанной на представлении об усиливающем эффекте аллеля 10>12 полиморфизма Stin2VNTR, выявлены ассоциации комбинаций генотипов 5-HTTLPR и Stin2VNTR5 гена транспортера серотонина с низкой, промежуточной и высокой экспрессией и мощности фоновой ЭЭГ. Показано, что генетические различия в показателях мощности, связанные с совместным влиянием полиморфизмов 5-HTTLPR и Stin2VNTR, отсутствуют у молодых испытуемых. Связанные с уровнем экспрессии различия проявляются пожилым возрастом в виде частоты и регионально специфического снижения мощности биопотенциалов у носителей комбинаций генотипов с высокой экспрессией и могут быть нейрофизиологическими коррелятами гетерогенности ментального старения.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Построены модели благополучного развития детей с учетом индивидуальных особенностей, возрастного этапа и условий семейной среды на основе исследования больших выборок детей и подростков с помощью опросников с установленной валидностью и надежностью.</p> <p>Впервые установлено, что структура и сила взаимосвязей индивидуальных особенностей детей и условий их развития с просоциальным поведением и проблемами психического здоровья экстернального и интернального спектра в дошкольном, младшем школьном, младшем и старшем подростковом возрасте принципиально сходны. Полученные сведения проясняют механизмы благополучного и отклоняющегося развития.</p> <p>Многоцелевая терапия, направленная на различные важные патогенетические звенья болезни Альцгеймера (БА), в настоящее время рассматривается как актуальный и многообещающий подход. Оценены эффекты дисахарида треталозы в отношении когнитивных дефицитов, а также ключевых процессов ранних этапов БА, накопления амилоида-бета (Аβ) и активации микроглии в мозге, у мышей в рамках фармакологической модели БА, основанной на центральном введении Аβ в боковые желудочки мозга.</p> <p>Показана высокая эффективность треталозы в коррекции дефицита когнитивной функции, связанной с памятью о страхе, у мышей с Аβ25-35-индуцированной фармакологической моделью БА.</p> <p>Под действием треталозы наблюдалось уменьшение накопления Аβ и ослабление нейровоспалительного ответа (активации микроглии) во фронтальной коре и гиппокампе мозга мышей. Результаты исследования подтверждают гипотезу об эффективности мультицелевой терапии в отношении БА-подобной патологии.</p> <p>На зебраданию (<i>Danio rerio</i>) поставлен метод абляции: а) дорсальной латеральной (Dl) области левого и правого отделов конечного мозга рыб; б) дорсальной медиальной (Dm) области левого и правого отделов (без и в сочетании с разрушением передней комиссуры); в) обонятельных лукович с помощью лазерного излучения. Абляция дорсомедиальной части левого теленцефалона вызывала анксиолитический эффект в тесте «Новый аквариум» по таким показателям, как продолжительность пребывания рыб в верхней части аквариума и частоте переходов из нижней в верхнюю часть аквариума.</p>

Впервые показано, что фармакологическая активация периферического ионного канала TRPA1 у нормотензивных животных значительно стимулирует антилобобразование в селезенке, тогда как активация ионного канала TRPM8 в наибольшей степени стимулирует антиген связывание.

У животных со стресс-индуцированной артериальной гипертензией стимуляция периферического ионного канала TRPA1 в той же степени, как и у нормотензивных, не вызывает аналогичных изменений характеристик иммунного ответа на антиген, что может быть связано со снижением у них экспрессии гена, кодирующего ионный канал TRPA1.

Высокий уровень активации периферического ионного канала TRPA1 вызывает подавление сосудистой и метаболической реакции на холод, тогда как при невысоком уровне активации этого ионного канала происходит стимуляция этих реакций.

Введение L-норвалина значительно увеличивает выведение с мочой симметричного диметиларгинина, который является маркером летального исхода клинических событий и, в частности, почечных осложнений. Это может свидетельствовать о положительном эффекте применения L-норвалина в качестве медикамента при задаче использования аргиназы как регулятора синтеза оксида азота.

На моделях низкой и высокой физической активности установлены специфические особенности полисенсорного тренинга на регуляцию газообмена, хеморефлекторную активность, паттерн внешнего дыхания, газообмен и активность отделов вегетативной нервной системы у спортсменов в циклических видах спорта (пловцы, лыжники, бегуны), которые отражает адаптивные настройки и механизмы межсистемной интеграции функций у спортсменов высокого класса при интенсивных аэробных нагрузках. Специфические особенности полисенсорного тренинга в ациклическом виде спорта связаны с ростом нейровегетативной сопряженности, которая проявляется усилением координации сократительной активности мышц и вегетососудистого обеспечения, повышением скоростно-силовых качеств и межмышечной координации. Полученные результаты необходимы для создания методов оценки эффективности тренировочных процессов и развития технологий здоровьесбережения.

Впервые установлено, что рост спортивного мастерства в циклическом виде спорта сопровождается усилением межсистемной интеграции, которая повышает «точность» настройки газообменной регуляции на внутреннюю гипоксию и гиперкапнию, одним из механизмов которой является кардиореспираторное сопряжение в диапазоне низкочастотных колебаний (0,07–0,08 Гц). Обнаружение тесной связи индивидуального веге-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>тативного статуса с величинами реакций сердца и легких на ингаляционное воздействие измененными газовыми смесями позволяет утверждать, что длительные однотипные двигательные нагрузки изменяют кардио-респираторные взаимодействия за счет измене- ний механизмов хемочувствительности и фазовой сопряженности функций. Полученные результаты необходимы для разработки средств контроля за функциональным состояни- ем организма при адаптации к экстремальным воздействиям.</p> <p>Впервые выявлены и описаны особенности взаимосвязи между выраженностью при- знаков аддикции к физическим упражнениям (АФУ) и работой функции управления из- менением поведения. Установлено, что риск развития АФУ у спортсменов в старшем возрасте выше, чем в молодом, вне зависимости от типа спортивной активности. Впервые показано, что риск АФУ для альпинистов-высокогорников выше, чем для спортсменов циклических видов спорта, что зависит от различия в уровне гипоксической нагрузке. Установлено, что управление изменением поведения (эффективность тормозных процес- сов) у спортсменов связана не только с временем реакций (что обусловлено и возрастом), но и с типом физической активности спортсмена. Полученные результаты необходимы для выявления факторов риска возникновения аддикции физических упражнений, свя- занных с индивидуальными особенностями (когнитивной гибкостью, тормозными про- цессами, возрастом).</p> <p>Впервые доказаны специфические особенности реакции системы гемостаза на психо- эмоциональный стресс в зависимости от уровня двигательной активности. У животных с низким уровнем активности регистрировалось снижение агрегационной активности тромбоцитов, гиперкоагуляция на конечном этапе свертывания, снижение антикоагулянт- ной активности и активация фибринолиза, тогда как у животных с высокой двигательной активностью наблюдалась активация по внешнему пути плазменного гемостаза, гипер- коагуляция на конечном этапе свертывания, снижение антикоагулянтной активности и активация фибринолиза. Полученные результаты необходимы для разработки системы коррекции гемостаза при психоэмоциональном стрессе с помощью системы физических нагрузок различной интенсивности и продолжительности.</p> <p style="text-align: right;">НИИ НМ</p>

Средствами технологии функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) сформирован лабораторный вариант системы интерактивной модификации состояния нейронных сетей, с использованием которого картировали on-line формирование новой нейронной сети в процессе адаптивного биоуправления. Соревновательный виртуальный игровой сюжет, управляемый физиологической характеристикой, моделировал неопределенные условия, что позволило выявить и визуализировать латентные способности или особенности поведения в стрессовых ситуациях.

Интерактивная модификация состояния нейронных сетей, создаваемых моделями неопределенности, сопровождается активацией сенсорных и высших интегративных структур коры (префронтальной и теменной), субкортикальных структур (мозжечок) и не исчерпывается лишь областями мозга, традиционно связанными с когнитивными действиями и операциями. В ходе обучения локализация зон активности смещается в сторону сенсорных областей мозга. Получены прямые экспериментальные свидетельства того, каким образом изменяются мозговые системы в процессе развития навыков саморегуляции, проанализирован процесс оптимизации формирования новой нейронной сети в режиме биоуправления, представлены данные о его динамике. Прикладное значение результатов исследования заключается в том, что с определением месторасположения когнитивных регуляторов в мозге появится возможность «прицельно» тренировать и совершенствовать разнообразие психические функции.

Разработана тримодальная платформа, в состав которой входит 3Т-томограф и магнитозащищённый электроэнцефалограф, встроенные в контур приспособительной (адаптивной) обратной связи. Она позволяет контролировать on line параметры гемодинамики (оксигенацию в моторной зоне, в пре- и дополнительной областях моторного центра) и ЭЭГ.

Выбор в качестве мишени обратной связи фМРТ-сигнала on line позволяет качественно изменить принципы организации и методологию феномена «мозг-интерфейс-компьютер», что гарантирует развитие нейротерапии широкого спектра заболеваний, природы и внутренних механизмов которых связаны с абберацией фМРТ-нейросетей в патологии мозга. Это позволило включить в лечебно-реабилитационную программу так называемые «сетевые» болезни: хроническую боль, депрессивные расстройства, аддикции, восстановительные этапы сосудистых мозговых катастроф.

Формирование аддиктивной памяти рассматривают как один из ведущих факторов в проявлении рецидивов наркотической и алкогольной зависимости. Экспериментальной

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>моделью, позволяющей оценить консолидацию, экспрессию, угасание и восстановление аддитивной памяти, является условно-рефлекторное предпочтение места (УРПМ). Анализ полученных данных позволил выявить корреляцию между влиянием миелопептидов (МП) на формирование и угасание индуцированного морфин УРПМ и их действием на синаптическую пластичность гиппокампа мышей. Так, МП1 и МП2, ингибирующие развитие длительной посттетанической потенциации, блокировали экспрессию индуцированного морфин УРПМ; МП5, фасилитирующий потенцию, увеличивал экспрессию УРПМ и время угасания реакции. МП2 и МП5 влияли на синаптическую пластичность гиппокампа на стадиях выработки, угасания и восстановления индуцированного морфин УРПМ.</p> <p>В процессе разработки новых технологий диагностики, первичной профилактики и лечения нарушений цикла «сон – бодрствование», на основе анализа результатов изучения индивидуальной варибельности лежащих в его основе регуляторных механизмов, разработана модель регуляции цикла «сон – бодрствование». Модель позволяет путем стимуляции данных о сне в будни и в выходные рассчитывать потерю сна в будни для любого конкретного человека.</p> <p style="text-align: center;">ФИЦ ФТМ</p>
<p>67. Изучение механизмов психоэмоционального стресса и устойчивости к нему</p>	<p>В исследованиях на животных получены приоритетные сведения о роли нейроиммунных взаимодействий в механизмах формирования болевой чувствительности при подавлении иммунных реакций в условиях эмоциональной нагрузки. Установлено, что блокада рецепторов врожденного иммунного ответа – Толл-подобных рецепторов 4-го типа – путем системного введения ингибитора СЛ1-095 предупреждает выявленное после длительного стрессорного воздействия повышение ноцицептивной чувствительности и сопровождается, наоборот, ослаблением восприятия боли. Наблюдающееся сразу после 24-ч иммобилизационного стресса увеличение содержания провоспалительных цитокинов в крови – ФНО-α и ИЛ-6 – не обнаружено в условиях предварительного внутрибрюшинного введения СЛ1-095. Таким образом, блокада неспецифических иммунных реакций препятствует стресс-индуцированному усилению болевой чувствительности и развитию</p>

некоторых проявлений цитокинового шторма. Представленные данные могут лечь в основу разработки новых лекарственных средств на основе иммуноактивных соединений для комплексной терапии болевых синдромов различной этиологии.

В наблюдениях на людях продолжены исследования, направленные на дальнейшую разработку новых методов диагностики функционального состояния и реабилитации человека при занятиях спортом. Изучено влияние гиповентиляционного дыхания на физическую работоспособность и функциональное состояние спортсменов при выполнении силовой «физической работы до отказа». Обнаружено выраженное гипоксическое воздействие «физической нагрузки до отказа», которое проявляется в усилении симпатических влияний на сердце, замедлении проводимости в атриовентрикулярном узле, снижении кислородного обеспечения миокарда и уровня сатурации артериальной крови кислородом. Выявлено, что предварительное применение гиповентиляционного дыхания не влияет на усиление симпатических воздействий на сердце, наблюдающееся при «физической нагрузке до отказа», но нормализует показатели кислородного обеспечения миокарда и удлинняет время выполнения такой работы. Таким образом, процедура гиповентиляционного дыхания оказывает протективный эффект на сердце при негативном воздействии гипоксии в условиях интенсивной физической работы, что сопровождается повышением физической работоспособности человека. Полученные данные могут быть использованы в практике спортивных тренировок и соревновательной деятельности спортсменов-тяжелотлетов.

Изучены особенности когнитивной деятельности людей на модели теста «n-back», применяющегося в нейрофизиологических исследованиях для оценки рабочей памяти, концентрации внимания и логического мышления. Установлено, что изменение результативности выполнения теста на фоне мерцания экрана монитора (10 Гц) связано с исходными спектральными характеристиками альфа-активности ЭЭГ испытуемых. Выявлено, что лица с высокой спектральной мощностью общего диапазона альфа-ритма исходной ЭЭГ и хорошим результатом тестирования в обычных условиях характеризуются снижением числа правильных ответов при мерцании экрана. Однако лица с низкой спектральной мощностью альфа-ритма фоновой ЭЭГ и плохими результатами прохождения теста в норме демонстрировали улучшение результативности деятельности в условиях мерцания монитора. Полученные данные о специфике характера изменений результативности когнитивной деятельности испытуемых при оптической стимуляции в зависимости от исходных спектральных характеристик ЭЭГ могут лечь в основу дальнейшей разработ-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>ки индивидуальных прогностических критериев успешности познавательного процесса в условиях неблагоприятных экзотенных воздействий, в частности при эмоциональных стрессорных нагрузках.</p> <p>НИИ НФ им. П.К. Анохина</p> <p>При изучении влияния последствий психогенной травмы у крыс на характер поведенческих реакций их потомства выявлено корригирующее действие вазопрессина на нарушения материнского поведения стрессированных самок и структуру поведения их потомства. Выявлено, что комбинированное действие витального стресса и экзотоксиканта (бисфенола А – БФА) приводит к развитию у крыс выраженных патологических изменений поведения. Введение БФА в больших дозах ухудшает консолидацию памяти в отдаленном периоде.</p> <p>ФГБНУ ИЭМ</p>
68. Изучение генетических механизмов формирования патологического процесса	<p>За отчетный период было проведено исследование вариаций генома в клетках аутопсийных образцов тканей головного мозга пациентов с аутистическими расстройствами, умственной отсталостью и/или эпилепсией с помощью секвенирования нового поколения (NGS), биоинформатических методов анализа генома, включая оригинальные методы оценки функциональных последствий геномной патологии и молекулярно-цитогенетические методы на основе FISH (флюоресцентной гибридизации in situ) для интерпретации данных NGS в случаях хромосомной/геномной нестабильности. Были выявлены вариации последовательности ДНК с возможными функциональными последствиями в 34 генах, а также геномная нестабильность. С помощью дополнительных молекулярно-цитогенетических исследований было показано, что нарушения стабильности генома привели к хромосомной нестабильности в виде анеуплоидии, структурных изменений хромосом, а также к хромотрипсии и хромохелкозису. Биоинформатический анализ полученных массивов данных позволил определить процесс-сы-кандидаты нарушения функционирования ЦНС при заболеваниях мозга с ранней манифестацией.</p>

Проведены масштабные для одной конкретной популяции исследования влияния генотип-средовых взаимодействий на клинические проявления шизофрении. Впервые обнаружен совместный эффект генетического варианта СРБ (С-реактивного белка) и сезона рождения больного на возраст манифестации шизофрении, который является предиктором функционального исхода заболевания. Результаты исследования показывают, что на возраст начала может влиять такой важный экологический фактор риска шизофрении как рождение в зимние месяцы в сочетании с индивидуальными генетическими характеристиками, которые сами по себе не являются частью генетического бремени шизофрении. Полученные данные могут быть использованы в прогностических целях с учетом генетических особенностей индивидуума и наличия средовых факторов риска в анамнезе.

Анализ редких и распространенных аллелей в рамках международного исследования трио родитель-пробанд выявил редкую ранее не известную для шизофрении *de novo* мутацию в гене SLC6A1. Изучение совместного влияния генотипа и средовых факторов риска на вариативно-метилированные сайты ДНК выявило сайт метилирования, связанный с гаплотипом и средовыми факторами, у больных шизофренией.

НЦПЗ

При сравнении метилирования различных CpG- и не-CpG-сайтов в гене SNCA обнаружено статистически значимое гиперметилирование у пациентов с мультисистемной атрофией (MSA) в сравнении с группой болезни Паркинсона (БП) и контролем. Гиперметилирование при MSA может быть одним из факторов, приводящих к накоплению альфа-синуклина в олигодендроглии (первичном сайте повреждения при MSA), а также служить диагностическим биомаркером для дифференциальной диагностики БП и MSA.

Генотип PICALM, связанный с риском БА и БП, ассоциирован со снижением когнитивности и энтропии ЭЭГ у здоровых испытуемых, что свидетельствует о разобщении структур мозга и снижении функциональной сложности ЭЭГ. Эти изменения лежат в основе когнитивного снижения при старении.

НЦН

Выявлено, что в развитие бронхиальной астмы, артериальной гипертензии и их синдромных фенотипов вносят вклад полиморфные варианты генов регуляторов иммунного ответа и апоптоза, систем репарации нуклеиновых кислот и индукции ангиогенеза. Молекулярным механизмом, лежащим в основе ассоциаций полиморфных вариантов

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>rs1927914 (TLR4), rs1980616 (SERPINA1) и rs189037 (ATM) с бронхиальной астмой, rs11065987 и rs11669386 (CARD8) с гипертензией, rs1010461 (ANG), rs1801516 (ATM) и rs2022318 с синдромным фенотипом, является их влияние на изменение функциональной активности генов, белковые продукты которых вовлечены в патогенез данных заболеваний, а также изменение аффинности транскрипционных факторов, играющих роль в поддержании клеточных фенотипов и в ответе на стимулы внешней и внутренней среды. Формирование синдромного фенотипа бронхиальной астмы и артериальной гипертензии связано с генами, белковые продукты которых обеспечивают общие неспецифические реакции организма, такие как старение, иммунный ответ и антиоксидантная защита, определяющие способность организма реагировать на стресс и поддерживать гомеостаз организма в физиологических границах.</p> <p>В основе дистрофии астмы и туберкулеза лежит сеть сложных взаимодействий между продуктами генов, выполняющими общие молекулярные функции по поддержанию иммунитета и воспалительной компоненты (IFNG, TNFB, TNFRSF1B), и генами, белковые продукты которых участвуют в формировании выраженного дисбаланса субпопуляций Т-хелперов при аллергии и инфекции (PIAS3, SOCS5, SOCS7, PIASY, STAT1, CXCL10), что способствует автономности происходящих патологических процессов, определяющих разнонаправленное влияние на основные звенья патогенеза, predisposing к редкому сочетанию этих заболеваний у одного индивида.</p> <p>Показано, что неполная пенетрантность наследуемых хромосомных микроделеций и микродупликаций в локусах 1q25.2 (ASTN1), 3p26.3 (CNTN6), 7q31.1 (IMMP2L), 18p11.32 (SMCHD1) и Xq24 (UBE2A), ассоциированных с нарушением интеллектуально-го развития и аутизмом, сопровождается эпигенетическими модификациями хроматина, компенсирующими изменения дозы генов у бессимптомных носителей, возникающими вследствие хромосомных перестроек.</p> <p>Определен спектр мутаций в генах орфанных заболеваний в популяциях Западной Сибири в семьях с несовершенным остеогенезом, болезнью Вильсона-Коновалова, синдромом удлиненного интервала QT, муковисцидозом и нейрофиброматозом с использованием массового параллельного секвенирования. Информативность секвенирования</p>

генов составила от 28% для болезни Вильсона-Коновалова до 82% при несовершенном остеогенезе. Одна миссенс-мутация, выявленная в семье с наследственной формой несовершенного остеогенеза I типа, является ранее не описанной в мировой литературе (COL1A2:NM_000089:exon10:c.434G>A:p.Gly145Asp). Создана клеточная модель болезни Вильсона-Коновалова на основе линий индуцированных плюрипотентных стволовых клеток от пациента с наследственной мутацией p.(H1069Q) для моделирования патогенеза заболевания.

ТОМСКИЙ НИМЦ

Была проведена оценка влияния различных типов генетических вариантов в гене ангиотензин-превращающего фермента-2 (ACE2) на восприимчивость к COVID-19, а также тяжесть течения заболевания. Анализ эффекта различных типов генетических вариантов ACE2 тяжести течения COVID-19 в когорте российских пациентов показали, что распространенные миссенс- и регуляторные варианты не объясняют различия в тяжести заболевания. В то же время предполагается, что редкие варианты в гене ACE2 (включая rs146598386, rs73195521, rs755766792 и другие) могут повлиять на течение COVID-19.

На основании анализа данных полиметодических исследований с применением химического мечення, иммунопреципитации и глубокого секвенирования консолидирована информация об изменениях содержания эпигенетической модификации 5-гидроксиметилцитозина под воздействием факторов окружающей среды, как на уровне всего генома, так и в отдельных генах, в т.ч. регулирующих цикл преобразования цитозина. Установлено, что 5-гидроксиметилцитозин является чувствительным биосенсором и под воздействием внешних факторов может претерпевать значительные изменения, сопровождающиеся изменениями в работе генома, в т.ч. генов Home2, GluA1, GluA2, MeCP2, GRIN1, GABRB3, NRXN1, NLGN3, ACHE и др. Таким образом, 5-гидроксиметилцитозин является перспективной мишенью для целенаправленных изменений работы генома в рамках эпигенетической терапии, в т.ч. для коррекции репродуктивных нарушений и предотвращения передачи аномальной эпигенетической информации потомству.

Проведен анализ спектра хромосомной патологии у эмбрионов 5–6 дня развития с использованием методов aCGH и NGS в двух центрах вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ). Исследованы образцы трофобластической оболочки 1041 эмбриона. Было установлено, что количество простых анеуплоидий возрастает начиная с 30 лет, а анеуплоидий по двум и более хромосомам – после 37. Методы aCGH и NGS показали сходную эффек-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>тивность для проведения преимплантационного генетического тестирования на анеуплоидии (ПГТ-А). Частота хромосомных аномалий разных типов не отличается у эмбрионов, полученных в двух участвовавших в исследовании центрах ЭКО. Снижение доли эмбрионов со сбалансированным хромосомным набором является важнейшим фактором, ограничивающим репродуктивные возможности экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) пациентов старшего репродуктивного возраста.</p> <p>НИИ АГИР им. Д.О. Отта</p> <p>Выявлены редкие случаи мозаицизма по X-хромосоме в клетках крови при X-сцепленной адренолейкодистрофии методом массового параллельного секвенирования. Показана связь повышенной концентрации глоботриазилсфингозина с неврологическими формами мукополисахаридозов. Выявлено 9 неописанных ранее нуклеотидных вариантов в гене HGD при алкаптонурии. Разработана система анализа структуры мРНК гена PALB2 для подтверждения патогенности мутаций при анемии Фанкони. Изучен вклад ядерных генов в развитие наследственных оптических нейропатий.</p> <p>Охарактеризованы клинические особенности генетических вариантов RASопатий, наследственных скелетных дисплазий, гепатопатий, экзостозов, моногенных вариантов процессов развития мозга и наследственных гиперлипидемий, подробно описаны уникальные клинические и молекулярно-генетические находки. Идентифицированы три мажорных мутации в гене SLC26A2, анализ которых позволяет диагностировать более 80% нозологических форм из группы сульфатных нарушений. Описаны изменения биохимических маркеров при различных генетических вариантах холестаза-обусловленных нарушений синтеза желчных кислот и нарушений формирования структуры желчных протоков. Показано, что основной вклад в дислипидемии вносят мутации в гене рецептора липопротеинов низкой плотности. Выявлено 27 генетических вариантов наследственных заболеваний, сопровождающихся пороками развития мозга и показано, что мутации в 11 генах ответственны за возникновение половины всех случаев этой группы заболеваний.</p> <p>Путем функционального анализа доказана патогенность нескольких вариантов при миотонии Беккера и синдроме Питта-Хопкинса.</p>

Созданы алгоритмы диагностики аутосомно-рецессивных полинейропатий, моногенных заболеваний, сопровождающихся судорогами в младенческом возрасте, и наследственных миопатий, манифестирующих с рождения и после периода нормального моторного развития. На примере спинальной мышечной атрофии разработана технология массового ДНК-скрининга новорожденных.

Показано, что наибольшая частота соматических мутаций при раке желудка наблюдалась в генах KMT2D, ARID1A, KMT2C, CDH1 и TP53. Соматические мутации в гене CDH1 положительно коррелировали с наличием отдаленных метастазов и перстневидных клеток. Соматические мутации гена TP53 ассоциированы со снижением общей 5-летней выживаемости пациентов с опухолями диффузного типа, большого размера (T3-T4) и III-IV стадий. Изучены механизмы действия некоторых микроРНК, влияющих на метастазирование рака желудка.

Выявлены новые особенности экспрессии генов иммунных контрольных точек в опухолях при разных типах рака и на разных его стадиях, имеющие значение для иммунотерапии. При анализе экспрессии генов найдены новые кандидаты в маркеры метастазирования в лимфоузлы при раке молочной железы. Установлено, что в составе вкДНК больных раком молочной железы накапливаются ГЦ-богатые фрагменты рибосомного повтора и окисленные фрагменты ДНК. Показано, что в клетках астроцитомы 1321NI человека окисленная вкДНК активирует транскрипцию генов PPARG, OGG1, HIF1A, TLR9, MYD88, STAT3 и STAT6. Мутационное профилирование драйверных генов светлоклеточного рака почки выявило мутации генов VHL, PBRM1, SETD2, BAP1, PTEN и KDM5C. Совместные мутации VHL и BAP1 обнаружены в 22,7%, VHL и PBRM1 – в 18,2% образцов.

У 65% мужчин с легкой формой муковисцидоза, имеющих вариант 3849+10kbC>T гена CFTR, проходимость семявыносящих путей сохранена, при этом сперматологические диагнозы варьируют от нормозооспермии до олиго-/астено-/тератозооспермии. Выявлено, что у пациентов с робертсоновскими транслокациями нарушения сперматогенеза более выражены (преобладает олигоастено-/тератозооспермия), чем у носителей реципрокных транслокаций и инверсий аутосом (чаще встречается астено-/тератозооспермия). Количество мтДНК в сперматозоидах мужчин с нормозооспермией варьирует от 0,1 до 3,3 ($1,17 \pm 0,98$) относительных единиц, отрицательно коррелирует с концентрацией и общим количеством сперматозоидов в эякуляте и не коррелирует с подвижностью и морфологией сперматозоидов и объемом эякулята.

МГНЦ им. Н.П. Бочкова

<p>Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Анализ эффектов ксенобиотиков на эпигенетические процессы показал, что изменение уровня метилирования ДНК в клетках ЦНС под влиянием ксенобиотиков, в частности БФА, в первую очередь затрагивает формирующийся в ходе эмбрионального развития мозг, и эти изменения у экспериментальных животных поддерживаются в течение нескольких поколений. Во втором поколении наблюдается снижение уровня метилирования ДНК, а в третьем его увеличение. Применение белка лактоферрина снижает уровень метилирования ДНК в различных отделах мозга, увеличенный под действием токсикантов.</p> <p style="text-align: center;">ИЭМ</p>
<p>69. Изучение генетической структуры российских популяций по «нормальным» генам и генам наследственных болезней, создание биобанков</p>	<p>На материале, представляющем четыре этнические группы Северной Евразии, впервые в мире проведено полнотранскриптомное секвенирование децидуальных клеток плацентарной ткани и оценена межпопуляционная дифференциация профилей экспрессии генов. Обнаружено, что ключевую роль в наблюдаемой дифференциации бурят и русских играют эпигенетические механизмы регуляции экспрессии генов на транскрипционном и посттранскрипционном уровнях. Основными факторами, обуславливающими дифференциацию полногеномных экспрессионных паттернов среди индивидов из выборок узбеков и русских, выступают процессы регуляции иммунного ответа в рамках механизмов врожденной иммунной системы, являющиеся важным патогенетическим звеном осложнения течения беременности.</p> <p>В полногеномных данных из популяций Северной Евразии обнаружено более 500 сигналов направленного отбора в регионах, включающих 243 гена. Наиболее значимые сигналы отбора выявлены в генах, которые участвуют в метаболизме липидов, вовлечены в процессы сенсорного восприятия, такие как обоняние и зрение, а также обеспечивают репродуктивные функции. Таким образом, в популяциях Северной Евразии впервые выявлено существенное число сигналов направленного естественного отбора, повлиявшего на генетическую структуру популяций в процессе долговременной адаптации к климатогеографическим условиям обитания в резко континентальном или арктическом климате.</p> <p style="text-align: right;">ТОМСКИЙ НИМЦ</p>

Создан единый глоссарий биобанков РФ, содержащий 161 определение с подробным описанием и переводом на английский язык. Термины были подразделены на следующие группы: а) биобанк, биообразцы, б) аудит, контроль качества, в) общие рабочие термины, г) юридические и этические термины, д) криобиология, е) информационные технологии, ж) оборудование. Основной целью подготовки глоссария стало создание точного, профессионального и юридически грамотного инструмента, содержащего доступную и понятную широкому кругу исследователей информацию.

НИИ АГИР им. Д.О. Отта

Описаны генетическая структура населения и разнообразие моногенной наследственной патологии (МНП) в 3 районах Республики Северная Осетия Алания. В Кировской области получены данные о грузе и разнообразии МНП у детского населения 11 районов, изучена роль основных факторов микроразноличий в механизме дифференциации отягощенности МНП. Показаны особенности патогенома наследственной офтальмопатологии в Карачаево-Черкесской Республике. Проведено сравнение репродуктивных характеристик русских из различных этнотерриториальных популяций РФ. Выявлена значительная гетерогенность (аллельная, локусная) муковисцидоза, альбинизма, нейросенсорной тугоухости, врожденной аниридии и WAGR-синдрома, врожденной глаукомы, дегенерации сетчатки, определены спектр и частота мажорных мутаций в отдельных регионах/этнотосах РФ. Создан и проанализирован российский регистр пациентов с муковисцидозом 2018 года.

Показано, что субэтнические группы территориально отдаленных калмыков мало дифференцированы, имеют идентичную картину распределения гаплогрупп Y-хромосомы; выявлено единство калмыцкой популяции дербетов и торгутов Западной Монголии. Впервые показано, что потомки рода хошутов являются носителями гаплогруппы Y-хромосомы C3c1b-F6379, которая является мажорной в популяциях ойратов Монголии и калмыков России.

Создан первый картографический атлас распространения фармакогенетических маркеров России. Проведен анализ распространения 13 полиморфизмов в генах онкосупрессоров.

МГНЦ им. Н.П. Бочкова

Результативность способа ДНК-диагностики аутосомно-рецессивной глухоты-103 была проверена на образцах ДНК 241 GJB2-негативного пациента из Якутии, обнару-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>женных в результате прямого секвенирования по Сэнгеру значимого района 6-го экзона гена CLIC5, содержащую мутацию с.1121G>A. Все генотипы полностью соответствовали результатам ранее полученных с помощью прямого секвенирования по Сэнгеру гена CLIC5: мутация в биаллельном (гомозиготном) состоянии с.[1121G>A];[1121G>A] у 26 (11%) пациентов, в моноаллельном с.[1121G>A];[Wt] у 10 (4,14%), у остальных 205 (85%) мутация не была обнаружена.</p> <p>Проведен диагностический поиск фенотипов, соответствующих клинической картине синдрома Пендреда (сенсоневральная глухота, сочетанная с нарушениями работы щитовидной железы, чаще гипотиреоз), у пациентов с нарушениями слуха в Республике Бурятия. Анализ показал, что у 7,9% пациентов с тяжелой степенью тугоухости и глухоты были зарегистрированы клинически значимые отклонения в уровнях гормонов щитовидной железы. Выявлено 7,3% глухих пациентов с гипотиреозом, формально соответствующих клинической картине, характерной для синдрома Пендреда.</p> <p>Исследование 4-х полиморфизмов генов IRF6, MDR1 и MTHFR среди больных детей показало достоверно высокий риск возникновения орофациальных расщелин у носителей генотипа TT полиморфизма rs1045642 гена MDR1, при этом носительство гомозиготного генотипа TT по полиморфизму rs2235371 гена IRF6 достоверно предрасполагала к риску возникновения изолированной расщелины неба.</p> <p>Проведен филогенетический анализ древней ДНК из костных останков погребений эпохи средневековья центральной Якутии и 266 современных образцов мужчин. При анализе 17 STR-маркеров было показано, что в современной популяции преобладают три гаплотипа: Ht1, носителями которого являются большинство мужчин; Ht2, распространенный в центральной части Якутии; и Ht3, преобладающий на западе Якутии. В целом, современные и древние гаплотипы Y-хромосомы оказались либо идентичны, либо находились в тесном родстве, а состав современного мужского населения показал много сходных черт с археологическими образцами, хотя дает только частичное представление о древнем якутском населении.</p> <p>Впервые был проведен анализ частот аллелей полиморфизма генов UCP1 (rs1800592, rs3811787), UCP2 (rs659366, rs660339), UCP3 (rs1800849, rs2075577), PTGS2 (rs689466),</p>

	<p>TRPV1 (rs150846) в популяции якутов, проживающих в экстремальных климатических условиях Восточной Сибири, и в популяциях, проживающих в относительно теплом климате (субтропический и субэкваториальный климатический поясе). В результате данного анализа было обнаружено, что статистически значимые повышенные частоты аллелей в популяции якутов были найдены для полиморфизмов rs3811787 гена UCP1, rs1800849 и rs2075577 гена UCP3, rs689466 PTGS2, что могут быть связаны как со случайными популяционными эффектами или же могут свидетельствовать о наличии адаптационных механизмов, направленных на повышение холодоустойчивости и на снижение холодовой чувствительности.</p> <p>Впервые определены уровни лептина и ирисина у молодых людей в популяции якутов. Подтвержден ранее известный лептиновый половой диморфизм: у женщин отмечаются более высокие уровни лептина, чем у мужчин. Также подтверждена взаимосвязь избыточного веса и ожирения с повышенными уровнями лептина в крови у женщин и у мужчин.</p> <p style="text-align: center;">ЯНЦ КМП</p>
70. Дизрегуляторная патология органов и систем. Патологические интеграции	<p>С помощью real-time PCR изучена экспрессия генов, кодирующих факторы роста – Csf2, Csf3, Ctgf, Egf, Egfr, Fgf10, Fgf2, Fgf7, Hbegf, Hgf, Igf1, Tgfa, Tgfb1, Tgfb2, Vegfa в зоне асептического повреждения брюшины. Установлено активное вовлечение факторов роста в репаративный процесс при повреждении брюшины и длительную активацию их экспрессии (до 14 суток) с двумя основными пика гиперэкспрессии генов факторов роста – на 3 и 14 сутки.</p> <p>Полученные результаты свидетельствуют об активном вовлечении факторов роста в репаративный процесс при повреждении брюшины и длительной активации экспрессии, что обуславливает необходимость длительной (не менее 2 недель после травмы брюшины) профилактики процесса спайкообразования.</p> <p>(Соответствует ожидаемым результатам: обработка данных, предназначенных для выявления мишеней действия лекарств).</p> <p>Оценена интенсивность экспрессии генов рецепторного аппарата Ligamentum flavum пациентов со стенозирующими процессами позвоночного канала. В желтой связке впервые обнаружена экспрессия генов ESR1, ESR2, FGFR1, FGFR3, PTN1R, PTN2R, ранее не описанная для этого биологического субстрата. Определен профиль экспрессии факторов роста и рецепторов к ним в тканях Ligamentum flavum больных дегенеративно-дистро-</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>фическими заболеваниями позвоночника, отражающийся на особенностях метаболизма внеклеточного матрикса.</p> <p>Выявлена взаимообусловленность дифференциальных изменений экспрессии генов, принимающих участие в метаболизме тканей <i>Ligamentum flavum</i>.</p> <p>(Соответствует ожидаемым результатам: Разработка инновационных технологий ком-плексного (хирургического и консервативного) воздействия на ключевые элементы у па-циентов с дегенеративными изменениями межпозвонковых дисков поясничного, грудно-го и шейного отделов позвоночника).</p> <p style="text-align: center;">ИНЦХТ</p> <p>Анализ генетического полиморфизма позволяет установить патогенетическую роль цитокинов в возникновении особенностей клинического течения бронхиальной астмы (БА) в популяции Восточной Сибири. Выявлены генетические маркеры подверженности к тяжелой степени БА у детей: аллельный вариант G* IL12B rs321220 и вариантный ал-лель T* IL13 rs180925.</p> <p>При анализе цитокинового профиля у больных БА впервые получены комплексные данные доказывающие, что при тяжелых формах астмы возрастает доля нейтрофильного эндотипа, осуществляющего свои функции посредством Th-1 и Th-17-лимфоцитов. Уро-вень ряда цитокинов, продуцируемых различными типами иммунокомпетентных клеток (Th1, Th2, T-reg, Th17), достоверно ниже у больных тяжелой БА – снижение экспрессии ряда про- и противовоспалительных цитокинов коррелировало с тяжестью заболевания.</p> <p>На основании соотношения генотипов цитокинов и уровня соответствующих цито-кинов, продуцируемых Th1/Th2/Th17 лимфоцитами, осуществляется прогноз развития тяжелых форм бронхиальной астмы.</p> <p>Аллергический риносинусит (АР), бронхиальная астма (БА) характеризуются доми-нированием условно-патогенных микроорганизмов (<i>Enterobacteriaceae</i> и <i>Enterococcus</i>). При АР и БА наблюдается девиация иммунного ответа в сторону Th2-лимфоцитов. Полипозный риносинусит (ПРС), аспериновая триада (АТ) характеризуются активаци-ей Th1-лимфоцитов. Для АБА и АТ характерна высокая концентрация IL-4, при этом</p>

низкий уровень $IFN-\gamma$ и $TNF-\alpha$ при АБА относительно АТ. Уровень внутриклеточного метаболизма при АР обнаружил усиление пластических процессов (повышение ГФДГ), интенсификацию липидного катаболизма (увеличен НАДФМДГ) и увеличение скорости как анаэробного, так и аэробного окисления. При ПРС наблюдается интенсификация аэробных процессов и липидного анаболизма при снижении анаэробных процессов и аминокислотного обмена (НАД-ГДГ и НАДН-ГДГ).

НИИ медицинских проблем Севера ФИЦ КНЦ СО РАН

Сформирована база данных клинико-лабораторных исследований состояний сосудисто-тромбоцитарного, коагуляционного, противосвертывающего и фибринолитического звеньев системы гемостаза в условиях физиологической нормы, а также при ишемической болезни сердца и гипертонической болезни с применением локальных и глобальных тестов системы регуляции агрегатного состояния крови.

Проведено доклиническое исследование нового синтезированного соединения (1S,5R,6R)-6-acetamido-3-(ethoxycarbonyl)-5-(pentan-3-yloxy)cyclohex-3-enaminium-3-carboxy-3-thioxurgranoate (OST), обладающего противовирусной активностью. Разработан и валидирован биоаналитический метод количественного определения OST в плазме крови, тканях, органах и экскретах животных.

ТОМСКИЙ НИИЦ

Установлены диагностически значимые уровни андрогенов для раннего выявления гиперандрогенемии в подростковой популяции, разработаны и внедрены новые критерии диагностики гирсутизма в подростковом возрасте. Установлена распространенность синдрома поликистоза яичников в целом и его отдельных клиническо-лабораторных проявлений в частности. Установлено, что значимыми факторами, ассоциированными с наличием признаков поликистоза яичников у девушек-подростков, является избыточный вес.

Доказано, что состояние возрастного гормонального дефицита характеризуется изменением регуляции процесса сна с сопутствующими метаболическими изменениями, что способствует ранней эректильной дисфункции у мужчин и развитию патологического течения климактерия у женщин. Исследована взаимосвязь HSP 70 и окислительного стресса с особенностями макро- и микроструктуры сна у пациентов с синдромом обструктивного апноэ сна до и после лечения СИПАП-терапией, позволяющая прогнозировать ранние додементные когнитивные нарушения в условиях интермиттирующей ночной гипоксии.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>У ВИЧ-инфицированных женщин репродуктивного возраста с бесплодием, помимо неполноценного клеточно-опосредованного иммунного ответа на вирусную инфекцию, обнаруживаются нарушения функционирования системы перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита и нейроэндокринной регуляции. Модели прогнозирования развития репродуктивных нарушений у женщин с ВИЧ-инфекцией включают следующие значимые параметры изученных систем: супероксиддисмутазы, ретинол, α-токоферол, эстрадиол, пролактин, тестостерон, которые необходимо учитывать для профилактики и коррекции нарушений репродуктивной функции у данного контингента.</p> <p style="text-align: center;">НЦПСЗрч</p> <p>Впервые изучен полиморфизмы генов TRPA1 и TRPM8, кодирующих рецепторы, чувствительные к сигаретному дыму и пылевым частицам, и их влияние на формирование и течение хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) в европейской популяции. Установлено протективное действие генов CG по полиморфизму TRPM8 rs2052030 в отношении ХОБЛ среди лиц с анамнезом курения. Выявлена взаимосвязь между полиморфизмами rs7819749 и rs7819749 гена TRPA1, а также полиморфизмом rs2052030 гена TRPM8 и степенью бронхальной обструкции у больных ХОБЛ. Идентифицированы генетические варианты (TRPA1 rs959976 и TRPM8 rs17865682), ассоциированные с отсутствием реакции дыхательных путей на бронхолитик. Полученные результаты свидетельствуют о важной роли катионных каналов TRPA1 и TRPM8 в патогенезе ХОБЛ и могут быть полезны при разработке персонализированных подходов к терапии заболевания.</p> <p>Установлено, что в формировании холодовой гиперреактивности дыхательных путей при бронхальной астме важное место занимают процессы деструкции и цитолиза нейтрофилов, сопровождающиеся повышением продукции провоспалительных цитокинов, а также структурными признаками эпителиальной дисфункции при реакции бронхов на холодовой стимул.</p> <p>У серопозитивных к цитомегаловирусу беременных женщин обострение инфекции клинически проявляется в виде ОРВИ у 21% в первом триместре беременности и у 40% во втором и третьем триместрах. Среди заболеваний верхних дыхательных путей наиболее</p>

лее часто выявлялся острый фарингит (56%), назофарингит (31%), ларингит и трахеит (13%); среди заболеваний нижних дыхательных путей – острый бронхит (70%) и пневмония (30%).

Патофизиологический механизм угрозы выкидыша при обострении цитомегаловирусной инфекции в первом триместре беременности определяется развитием TNF-индуцированного локального воспаления и апоптоза, снижением 3β -гидроксигидрокси-5-прегнен-20-ондегидрогеназной активности и продукции прогестерона трофобластом ворсин.

Доказано влияние повышенного содержания индукцибельного белка теплового шока HSP70 и ядерного фактора NF- κ B в подавлении экспрессии эстрогенового рецептора ER- α в трофобласте ворсин хориона, а также высоких показателей HSP90 α и NF- κ B в снижении образования эстрадиола, что объясняет механизмы нарушения гистогенеза плаценты при обострении цитомегаловирусной инфекции в первом триместре беременности.

Обострение цитомегаловирусной инфекции в третьем триместре беременности, ассоциированное с хроническим бронхитом и субкомпенсированной плацентарной недостаточностью у беременных, характеризуется подавлением секреции IgA лимфоидной тканью слизистой верхних дыхательных путей, обусловленным гиперсекрецией кортизола, поддерживающего воспаление и процессы окислительной модификации липидов.

ДНЦ ФПД

Установлены особенности липидома плазмы крови при фенотипе бронхиальной астмы с ожирением. Впервые идентифицированы молекулярные виды диацильных и (алкенил)-ацильных (плазмалогены) субклассов фосфатидилхолина (ФХ) и фосфатидилэтаноламина (ФЭ) с использованием высокоэффективной жидкостной хромато-масс-спектрометрии высокого разрешения. По данным тандемной масс-спектрометрии квазимолекулярных положительных ионов установлены химическая структура и содержание 63 молекулярных видов ФХ и ФЭ. Состав молекулярных видов 1-О-алкенил-2-ацил-sn-глицеро-3-фосфохолина представлен преобладанием алкенильного 16:0e остатка в sn1 позиции и ацильного 20:4 остатка в sn2 положении. Молекулярные виды 1-О-алкенил-2-ацил-sn-глицеро-3-фосфоэтаноламина характеризовались высокой эстерификацией ацильных групп 20:4 и 22:6 в sn2 позиции. Полученные результаты идентифицируют новые мишени для профилактики обострения и оптимизации контроля фенотипа бронхиальной астмы с ожирением.

Доказана прогностическая значимость факторов, повышающих риск развития дисфункции малых дыхательных путей при легкой бронхиальной астме: при длительности

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>анамнеза более 5 лет в 4,9 раз, наличия аллергического ринита в 4,3 раза, крапивницы в 3,6 раза. Вероятность ее развития увеличивается при наличии бронхиальной обструкции в 4,8 раза. Разработан способ оценки степени риска развития дисфункции малых дыхательных путей у пациентов с бронхиальной астмой на ранних стадиях.</p> <p>Установлено, что toll-like рецептор 4 (TLR4) вовлечен в иммунорегуляцию воспалительного процесса при хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ). Показано, что чрезмерная активация TLR4 сигнального пути в циркулирующих нейтрофилах способствует прогрессированию заболевания. Процентное содержание в крови нейтрофилов, экспрессирующих данный рецептор, может быть использовано в качестве маркера развития воспаления при ХОБЛ.</p> <p>Установлена высокая степень реактивности клеточного адаптивного иммунитета по отношению к микротоксиантам респираторной фракции атмосферного воздуха, способствующая реполяризации компонентов иммунного ответа. Выделены ключевые биомаркеры ответной реакции Т-клеточного звена иммунитета у пациентов с ХОБЛ легкой степени тяжести на твердые взвешенные частицы: рецептор апоптотической активности Fas/Apo-1, рецептор к IL-2, Foxp3+ регуляторные клетки. По мере утяжеления ХОБЛ при высокой техногенной нагрузке происходит ингибирование противовоспалительной активности IL-4 и активация сигналинга IL-6, регулирующего процессы коммитирования и апоптоза Т-клеток. Показано, что прогрессирование ХОБЛ в условиях загрязнения воздушной среды микротоксиантами ассоциировано с переходом стратегии развития Т-хелперного иммунного ответа на Th17-путь.</p> <p>Определены особенности формирования биотропного действия климато-техногенной среды на кардио-респираторную и иммунную системы лиц, проживающих в условиях дальневосточного муссонного климата. Установлен региональный уровень комплексаторной метеореакции по интегральному показателю $\sum D_m$ - сумме корреляционных связей между параметрами климато-техногенной среды и показателями функционального состояния кардиальной, дыхательной и иммунной систем организма. У здоровых лиц уровень компенсаторной метеореакции (11,1%) вдвое выше, чем у пациентов с бронхиальной астмой (5,7%) и ХОБЛ (6,4%). У здоровых лиц выявлен сниженный уровень</p>

компенсаторной метеореакции дыхательной системы, у больных ХОБЛ – сердечно-сосудистой и иммунной систем. Бронхиальная астма характеризуется монотипичностью компенсаторных метеореакций.

ВФ ДНЦ ФПД – НИИ МКВЛ

Выявлены два комплексных генотипа, значимо связанных с отсутствием ответа на стандартную терапию мигрени. Показано увеличение плотности мощности электрической активности мозга в высокочастотных (бета1-, бета2-) диапазонах частот у больных рассеянным склерозом с центральной невропатической болью. Установлено, что субродожные дозы пентилентетразола оказывают ноцицептивное действие у молодых животных и антиноцицептивное –+ у стареющих животных, тогда как судорожные дозы оказывает антиноцицептивное действие независимо от возраста животных; установлено, что динамика болевой чувствительности при длительной социальной изоляции зависит от пола; обнаружено, что фенол-индуцируемая нейротоксичность избирательно, в зависимости от дозы, вовлекает Cl^- , $NaCO_3$ -АТФазу в поведенческие реакции у млекопитающих, а фенобарбитал, пикротоксин и о-ванадат частично предотвращают вызванные фенолом изменения в поведении и полностью восстанавливают активность фермента; установлена роль частичного (10-15%) дефицита нейронального серотонина в развитии агрессивности, депрессивно-подобного состояния и когнитивного дефицита и связь между развитием окислительного стресса, обмена моноаминов и нейровоспаления в структурах головного мозга.

НИИ ОПП

На основе применения авторской методики динамики постуральных воздействий разработан уникальный метод определения адаптационных способностей организма – вазодилатационного и вазоконстрикционного резервов, действия артериального барорефлекса. Обнаружены ранее неизвестные амплитудные, частотные и фазовые взаимосвязности в медленноволновом диапазоне ритмов системной гемодинамики, головного мозга, сердца, дыхания и газового состава выдыхаемого воздуха. Полученные результаты открывают пути к созданию новых эффективных методов функциональной диагностики, реабилитации лиц с различными нарушениями вегетативной регуляции и тренировки лиц экстремальных профессий.

Получены новые данные, подтверждающие нейропротекторное действие рецепторного антагониста интерлейкина 1 (ИЛ-1РА): показана эффективность этого препарата при

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>коррекции нейрональных нарушений в области гиппокампа и коры мозга у крыс после перенесенной экспериментальной черепно-мозговой травмы.</p> <p>ИЭМ</p> <p>Получены новые данные о возможности редактирования поведенческого паттерна характерного для хронического алкоголизма у экспериментальных животных путем трансплантации спленцитов с модулированной <i>in vitro</i> функциональной активностью, что свидетельствует о вовлеченности иммунокомпетентных клеток в патогенез данной патологии и служит экспериментальным обоснованием разработки новых подходов к терапии алкоголизма с использованием клеточных технологий.</p> <p>Показано, что в результате приема нутрицевтической композиции на фоне длительного употребления алкоголя достигается положительный психонейроиммуномодулирующий эффект, направленный на коррекцию вызванных хроническим токсическим влиянием этанола изменений функциональной активности нервной системы (снижение алкогольной мотивации, стимуляция ориентировочно-исследовательского поведения, модуляция уровня цитокинов в ЦНС, свидетельствующая о снижении нейровоспаления), а также функциональной активности иммунной системы (стимуляция гуморального и клеточного иммунного ответа, пролиферативной активности лимфоцитов), что служит экспериментальным обоснованием перспективности применения композиции в качестве адъювантного средства при лечении хронического алкоголизма.</p> <p>НИИФКИ</p> <p>Выявлено значимое влияние вирусного агента на развитие гастроинтестинального синдрома у детей с признаками острых вирусных инфекций как в изолированном варианте, так и в комбинации с поражением респираторной системы. Одним из механизмов являются изменения цитокинового статуса организма, зависящие от возраста детей. Во всех возрастных группах отмечены более высокие уровни IFN-γ, IL-8 и IL-17 по сравнению с нормативными величинами, но наиболее выраженное повышение уровня IFN-γ было отмечено в младшем школьном возрасте, уровня IL-8 – в группе раннего и млад-</p>

шего школьного возраста; для 12-17 значимых различий между возрастными группами не было выявлено. Анализ клинических и лабораторных данных показал, что наиболее уязвима в плане поражения желудочно-кишечного тракта группа детей грудного, раннего и дошкольного возраста.

Во внутриглазной жидкости пациентов с развитой стадией первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) в сравнении с данными, полученными при обследовании пациентов с неосложненной катарактой, выявлено значимое нарастание концентрации матриксной металлопротеиназы MMP-2. Концентрация MMP-3, находящаяся выше нижней границы чувствительности метода определения, выявляется во внутриглазной жидкости у 12,8% пациентов с развитой стадией ПОУГ и у 3,8% пациентов с неосложненной катарактой, а MMP-9 – только у 2,1% пациентов с ПОУГ и не определяется у пациентов с неосложненной катарактой. Результаты указывают на значимость MMP-2 в развитии местного асептического воспалительного процесса, изменений внеклеточного матрикса и «ремоделировании» тканевых структур органа зрения, которые приводят к нарушению оттока внутриглазной жидкости, что имеет важное значение в патогенезе первичной открытоугольной глаукомы.

ФИЦ ФТМ

При воздействии холода мононуклеарные клетки периферической крови человека экспрессируют маркеры коричневых адипоцитов и браунинга. Уровни mRNA CIDEA и NOXС9 изменяются в зависимости от влияния холода. Показано, что экспрессия CIDEA в мононуклеарных клетках периферической крови человека может отражать ее экспрессию в бурой жировой ткани в состоянии хронической активации, в то время как экспрессия NOXС9 может отражать экспрессию белых адипоцитов, подвергшихся трансдифференцировке от белого к коричневому, что делает оба маркера потенциально полезными маркерами активации бурой жировой ткани и процесса браунинга, заслуживающими дальнейшего изучения и валидации.

Проведено исследование активности ферментов у коренных и приезжих жителей Якутии. Средняя активность ферментов не выходила за пределы контрольных значений. Региональной особенностью является значимо более высокая активность щелочной фосфатазы, гамма-глутамилтрансферазы, лактатдегидрогеназы у коренного населения и креатинкиназы у приезжего населения, что связано с различными потребностями организма в энергии и указывает о большей адаптированности коренного населения к климатогеографическим условиям Якутии. Однако более частая встречаемость гиперактивности ще-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>лочной фосфатазы, гамма-глутамилтрансферазы, лактатдегидрогеназы среди коренного населения указывает о наличии большей метаболической дизадаптации, чем у приизжого населения. Изменение качества жизни и рациона питания населения Севера оказывают наибольшее негативное влияние на состояние здоровья коренного населения.</p> <p>При исследовании суточного рациона питания спортсменов Якутии показано, что суточная калорийность не возмещает суточный расход энергии спортсменов. Химический состав питательных веществ суточного рациона спортсменов в количественном и качественном отношении не соответствует нормативам, рекомендуемым для борцов вольного стиля. Кобылье молоко может служить основой для создания не только специализированных продуктов, но и для производства профилактических средств. Показано, что десятидневный прием кобыльего кумыса действует положительно на морфологию эритроцитов и нормализует лейкограмму крови спортсменов.</p> <p>ЯНЦ КМП</p> <p>Установлено, что нанокмполит селенида серебра проникает в паренхиматозные органы, вызывая повышение его содержания в печени и почках. Выявлено нарушение морфофункционального состояния печени, выражающееся в увеличении количества полиядерных гепатоцитов, снижении концентрации в крови мочевины и креатинина. В ткани почек отмечено снижение площади капсулы Шумлянского, что вызывает уменьшение формирующегося объема первичной мочи и возрастание времени выведения нанокмполита из организма. Впервые полученные морфофункциональные изменения могут служить критериями показателями степени безопасности при токсикологической оценке нанобиоматериалов.</p> <p>ВСИМЭИ</p>
71. Разработка технологий оптимизации механизмов адаптивного управления организма в экстремальных условиях	<p>Впервые получены прямые экспериментальные доказательства сигнальной роли митохондриальных ферментов миокарда не только в срочной, но и отсроченной ответной реакции организма на градуальные изменения содержания кислорода в среде (клеточные сенсоры кислорода), и их участие в формировании отсроченных адаптивных процессов.</p>

Подтверждена триггерная роль субстратного участка дыхательной цепи в процессе репрограммирования работы дыхательной цепи в условиях гипоксии в условиях *in vivo*, а также роль в этом процессе индивидуальной резистентности животных к дефициту кислорода.

НИИ ОПП

Обследованы 26 спортсменов высшей квалификации Олимпийской сборной по боксу мужского пола (средний возраст $21,4 \pm 2,1$ года) разных весовых категорий и 21 хоккеистка сборной команды Российской Федерации по хоккею с шайбой на льду (средний возраст $22,4 \pm 3,6$ года). Проведена оценка метаболических, антропометрических и физиометрических показателей у спортсменов высокой квалификации и их связи с выносливостью. Проведено антропометрическое обследование мальчиков и юношей ($n=243$) в возрасте от 7 до 18 лет, проживающих в Москве. Оценивали длину тела и массу тела с последующим расчетом индекса массы тела. Полученные данные сравнивали с литературными данными по физическому развитию детей и подростков, собранными в «Центрах здоровья» пяти регионов Российской Федерации с 2010 по 2012 годы. Обследованный контингент имел достоверно более высокие показатели длины тела в возрастных группах 7–10 и 13–15 лет, массы тела – в группах 9, 10, 13 и 18 лет и индекса массы тела – в группах 10, 13 и 18 лет. При сравнении литературных данных между собой было показано, что в Чувашской области мальчики и юноши более низкорослые и имеют более низкие показатели массы тела и индекса массы тела по сравнению с детьми, проживающими в других регионах. Разработаны 3 методических пособия по стандартам физического развития детей, проживающих в некоторых районах Российской Федерации. Изучены соматотипологические особенности пациентов с алиментарно-зависимыми патологиями (находящихся в первом и втором периодах зрелого возраста). Показано, что у обследованных пациентов при минимальных значениях компонента эктоморфии баллы компонентов соматотипа эндоморфии и мезоморфии были больше в 1,5 раза по сравнению с популяционными данными условно-здоровых людей. Не обнаружено статистически достоверных различий числовых значений (баллов) компонентов соматотипа между возрастными подгруппами 1-го и 2-го периода зрелого возраста, как у мужчин, так и у женщин. Взяты 104 образца буккального эпителия от пациентов, страдающих ожирением, средний возраст $43,5 \pm 1,1$ лет, 79 женщин и 26 мужчин. Проведена идентификация полиморфизмов rs9939609 гена FTO, rs1801133 гена MTHFR, rs1042713 гена ADRB2, rs2228570 гена VDR.

ФИЦ питания и биотехнологии

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
<p>72. Исследование механизмов развития патологических процессов при критических, терминальных и постреанимационных состояниях</p>	<p>Протективное действие лития хлорида на проницаемость эндотелия. Получены результаты, раскрывающие молекулярные механизмы эндотелиопротективного действия солей лития. Подтверждение вышеизложенного в экспериментальных моделях и раскрытие молекулярных механизмов защиты эндотелия позволит инициировать в 2021 г. клинические исследования хлорида лития для доказательства его органопротекторных свойств и последующего внедрения лекарственного препарата в клиническую практику.</p> <p>Исследование наноповерхности и локальной жесткости клеток крови при хранении компонентов донорской крови. В результате проведенного фундаментального научного исследования наноструктуры хранящихся эритроцитов с помощью методов атомно-силовой микроскопии и атомно-силовой спектроскопии измерены параметры нативных эритроцитов, получены уникальные изображения цитоскелета высокого качества, разработаны количественные оценки конфигурации сети цитоскелета, измерены модули Юнга нативных эритроцитов при хранении эритроцитной взвеси. Полученные результаты позволяют выработать объективные количественные критерии состояния длительно хранящейся эритроцитной взвеси и ее пригодности к гемотрансфузии, что снизит частоту посттрансфузионных осложнений и улучшит результаты лечения пациентов в критических состояниях.</p> <p>Системная органопротекция в реаниматологии на основе целенаправленного мониторинга и регуляции дисбаланса метаболом/микробом. В ходе целенаправленных фундаментальных метаболических исследований научного коллектива найдены ключевые ароматические микробные метаболиты, которые рекомендуются использовать как интегральный показатель тяжести сепсиса. Данная разработка рекомендуется к широкому внедрению – создание тест-систем на основе полученных новых фундаментальных знаний откроет возможности для ранней диагностики и прогнозирования исходов сепсиса.</p> <p>Изучение тканеспецифичности экспрессии генов цитокинов человека. Изучена экспрессия генов цитокинов человека, выполнен анализ полиморфных вариантов, ассоциированных с изменением уровня экспрессии данных генов в различных тканях человека, и их вклад в развитие спектра заболеваний. Это является основой для разработки новых</p>

предиктивных тест-систем, позволяющих прогнозировать развитие и исходы критических состояний, а также стратифицировать группы пациентов в критических состояниях в рамках клинических исследований.

Иммуномика критических состояний. Проведены фундаментальные научные исследования адаптивного иммунитета при критических состояниях: при исследовании эпитоп-специфических ответов IgG антител в плазме пациентов с хроническими критическими состояниями с помощью технологий иммуночипов выявлены две комбинации распознаваемых антителами пептидов (иммуносигнатур), по которым различаются пациенты с благополучным и неблагоприятным исходом внутрибольничной пневмонии. Результаты станут основой для разработки тест-системы на основе ограниченного набора пептидов, которая обеспечит раннюю стратификацию пациентов по группам риска неблагоприятного исхода с целью персонализации лечения и снижения летальности пациентов с инфекционными осложнениями критических состояний.

Транскриптомика нейтропротекции. С помощью мультиплексного анализа экспрессии генов с использованием системы pCounter (Nanosting) выявлен спектр ранних реакций транскриптома клеток мозга крысы на модельные фрагменты ДНК, моделирующие патогенетически значимые для развития критических состояний молекулы, циркулирующие после травм, инсульта, при сепсисе. Результаты способствуют познанию ранних цитопро-тективных реакций клеток нервной системы на продукты окислительного стресса, которые будут использованы для создания на их основе новых методов регуляции защитных механизмов головного мозга с помощью молекул, содержащих 8-оксо-дезоксигуанозин, а также ранних биомаркеров адаптивной цитопротекции при критических состояниях.

ФНКЦ РР

Установлено, что при старении изменяется кальциевый гомеостаз в миоцитах ресер-дий и левого желудочка, что может инициировать фибрилляцию предсердий, развивается гиперчувствительность сосудов к вазоконстрикторному действию серотонина, агонистов 5HT_{2A}R и 5HT_{2C} рецепторов; выявлены половые различия возрастных изменений транскрипционной активности генов, участвующих в регуляции внутриклеточного кальциевого гомеостаза на уровне IP₃Rs- и RyR₂-опосредованных механизмов; установлено, что с увеличением продолжительности жизни значительно выше вероятность развития гипертрофии миокарда и нарушения сердечного ритма у самок, чем у самцов.

НИИ ОПП

<p>Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
<p>73. Изучение патологической анатомии и патогенеза социально значимых заболеваний человека</p>	<p>По данным воксельной МРТ-морфометрии, при болезни Альцгеймера (БА) выявлен обширный симметричный атрофический процесс, затрагивающий не только кору большого мозга и гиппокампы, но и мозжечок, что свидетельствует о возможной роли нарушений синаптических связей мозжечка в патогенезе заболевания.</p> <p>Получены новые данные, демонстрирующие накопление альфа-синуклина в структурах периферической нервной системы у пациентов с БП, а также экспериментальное подтверждение участия в процессе распространения патологических форм альфа-синуклина нейронов энтеральной нервной системы и нервных волокон симпатической нервной системы.</p> <p style="text-align: center;">ФГБНУ НЦН</p> <p>Хронический эндометрит (ХЭ) на современном этапе вызывает сложности при постановке диагноза, что связано со стергостью его клинической картины при бесплодии. Частота выявления ХЭ, по данным разных авторов, колеблется от 12 до 68%. У пациентов с бесплодием, ассоциированным с хроническим эндометритом и/или урогенитальной инфекцией, выявлено снижение имплантационные свойства эндометрия за счет уменьшения рецепторов половых гормонов, задержки или отсутствия созревания пиноподий, нарушения местного иммунитета, а также синтеза и секреции гликоделина, пролиферации и «окна имплантации». Полученные данные обосновывают необходимость прегравидарной подготовки пациенток с ХЭ, главные направления которой включают ликвидацию урогенитальной инфекции, восстановление толщины эндометрия и местного иммунитета.</p> <p>В России эндометриоз как причина бесплодия занимает второе место после воспалительных заболеваний матки и придатков. Эндометриоз является значимой проблемой не только в репродуктологии, но и в онкологии – эндометриодные кистозные образования могут трансформироваться в злокачественные опухоли. Исследованы механизмы развития бесплодия при эндометриозе. Предлагается новое направление клинико-морфологических исследований эндометриоза: разработка теории патологического паттерна метилирования ДНК стромальных клеток эндометриоза. В рамках теории</p>

планируется исследование нескольких иммуногистохимических маркеров, перспективных для диагностики данного заболевания. Данное исследование не имеет аналогов на территории Российской Федерации.

В 2020 году изданы атласы «Патологическая анатомия легких при COVID-19» и «Патологическая анатомия COVID-19», в создании которых принимали активное участие сотрудники ФГБНУ «Научно-исследовательский институт морфологии человека». Атласы являются итогом уникальной работы патологоанатомической службы Москвы по посмертной диагностике многообразных патологических проявлений и осложнений COVID-19 в 2000 наблюдениях. В работах представлены сравнительная характеристика дифференциальной диагностики изменений легких при гриппе А/Н1N1 и COVID-19. Приоритетным направлением нашего исследования является изучение полиорганных изменений у беременных женщин в условиях новой корона-вирусной инфекции.

НИИ МЧ

Исследование атеросклеротических поражений в аорте человека показало, что для нестабильных атеросклеротических поражений характерны многочисленные мононуклеарно-клеточные инфильтраты, которые состоят преимущественно из лимфоидных клеток различной степени зрелости (малых и средних лимфоцитов) и макрофагов. Клетки, составляющие эти инфильтраты, участвуют в инициации иммунновоспалительных реакций, которые развиваются при формировании нестабильной бляшки. Выдвинута гипотеза о возможной роли Th-17 клеток в дестабилизации атеросклеротической бляшки и сделано предположение, что лекарственные препараты, направленные против IL-17 и Th-17 лимфоцитов могут препятствовать формированию в сосудистой стенке нестабильных атеросклеротических бляшек, а значит, и возникновению наиболее опасных клинических осложнений атеросклероза и ишемической болезни сердца (ИБС).

Впервые показано, что анафилатоксин C3a подавляет M2-дифференцировку макрофагов и захват макрофагами окисленных ЛПНП. Указанные эффекты C3a на опосредуется PPAR γ (peroxisome proliferator-activated receptors)-зависимым механизмом. Эндотенный апоA-1 макрофагов модулирует продукцию цитокинов как покоящихся макрофагами, так и макрофагами M1 и M2-типов, а также макрофагами, дифференцированными в присутствии C3a.

ФГБНУ ИЭМ

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Впервые на экспериментальной модели изучены побочные эффекты радиотерапии на нормальную ткань головного мозга животных. В краткосрочном периоде (1–3 дня) рентгеновое облучение не влияет на морфологию ткани мозга, но приводит к значительному изменению состава и содержания гликозилированных компонентов ткани головного мозга (протеогликаны, гликозаминогликаны). Выявленные специфические изменения в уровнях экспрессии коровых белков протеогликанов и значительное снижение содержания их углеводных цепей (хондроитинсульфат, гепарансульфат) приводят к усилению пролиферации клеток глиобластомы и их повышенной адгезии к преобразованной ткани головного мозга в модельной системе органотипических срезов <i>ex vivo</i>.</p> <p>Длительное применение химиотерапевтического препарата темозоломида в монорежиме и в сочетании с дексаметазоном значительно влияет на нормальную ткань головного мозга экспериментальных мышей, что приводит к повышению пролиферативной активности клеток глиобластомы, их ускоренной инвазии в ткань головного мозга в модельной системе <i>ex vivo</i> и увеличению размеров экспериментальных опухолей <i>in vivo</i>.</p> <p>На экспериментальной модели длительного применения темозоломида у пожилых крыс линии Wistar показано, что препарат негативно влияет на структуру хрящевой ткани у этих животных (в том числе содержание сульфатированных/несульфатированных гликозаминогликанов) и их физическую активность. Одновременное с этим препаратом применение дексаметазона или хондропротекторов (препараты хондроитинсульфата) практически полностью предотвращает проявление токсических эффектов темозоломида и позволяет сохранять хрящевую ткань в суставах животных и их физическую активность.</p> <p style="text-align: center;">ФИЦ ФТМ</p>
<p>74. Изучение механизмов и морфогенеза развития нервной, эндокринной, иммунной, лимфатической и висцеральных систем человека в норме и патологии</p>	<p>Обнаружена новая популяция субэпендимных микроглиоцитов, которые локализуется непосредственно под телами таницитов в области стенки третьего желудочка головного мозга.</p> <p>Показано, что для разных типов таницитов характерен разный уровень белоксинтетической активности: наибольшей синтетической активностью обладают $\alpha 2$ и β танициты, причем, судя по числу и размерам ядрышек, эта активность нарастает с возрастом.</p>

	<p>Установлено, что пинеалоциты эпифиза человека экспрессируют нейронаспецифический белок нейрофиламентов, что свидетельствует в пользу нейроноподобной природы этих клеток.</p> <p style="text-align: center;">ИЭМ</p>
75. Создание стандартизированных биомоделей лабораторных животных	<p>Изучена новая модель патологии – сочетание влияния экспериментальной ишемии с реперфузией и таргетных факторов среды (рациона лабораторных животных), при этом впервые экспериментально показано уменьшение величины ишемического очага при моделировании ишемии-реперфузии после содержания животных на высококалорийной холинодефицитной диете.</p> <p style="text-align: center;">ИЦН</p> <p>Показано, что в 2020 г продолжалось дальнейшее расширение и интенсивное использование уникальной отечественной Коллекции лабораторных приматов, содержащихся в питомнике обезьян ФГБНУ «НИИ МП» (Сочи-А). В 2020 г. в вольерах и клетках Коллекции родилось более тысячи детенышей, 550 обезьян было выделено в эксперименты отечественных ученых. К концу 2020 г. в вольерах и клетках питомника содержалось 6091 обезьян 23-х видов. Кроме решения насущных вопросов, касающихся собственно разведения обезьян, в 2020 г. продолжалось выполнение исследований, направленных на изучение биологической природы поведения, психических и когнитивных способностей человека. В частности, при исследовании связи между когнитивными способностями обезьян и особенностями их поведения было установлено, что способность к обучению у самцов павианов гамадрилов не зависит от таких поведенческих особенностей, как социальный статус, уровень агрессивности и общительности, но, в определенной степени, связана с темпераментом и проявлениями исследовательской активности. При изучении биохимических показателей сыворотки крови обезьян было установлено, что имеется связь между поведением обезьян и биохимическими показателями, а именно прямая связь между социальным статусом самок и содержанием у них альбумина, белка, активностью амилазы и АЛаТ. Результаты исследования показали также, что самки макаков яванских с повышенным уровнем тревожности обладают такими особенностями, как высокое содержание холестерина, высокая активность щелочной фосфатазы, ГГТ, высокое содержание калия и фосфора. Установлено, что проявления тревожности у макаков яванских имеют видоспецифический характер, о чем свидетельствует одинаковая частота</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>его проявления у самцов и самок, не зависят от возраста животных и их ранга. В рамках данного исследования также проведено изучение пространственных отношений обезьян, которое показало, что в односамцовых единицах (гаремах) павианов гаматрилов самки в среднем поддерживают фиксированную дистанцию друг с другом, размеры которой зависят от качества их отношений.</p> <p>Проведен анализ особенностей поведения половозрелых самцов <i>Mascas mulatta</i> в условиях добровольного потребления раствора этанола. Разработанная модель в дальнейшем может быть использована в доклинических исследованиях при оценке действия фармакологических агентов на сформированную алкогольную мотивацию и их влияния на алкоголь-индуцированное депрессивное поведение животных. Экспериментальная модель алкоголизма у макак-резус после валидации с помощью биохимических методов анализа может применяться для изучения взаимодействия различных социальных, генетических и физиологических факторов, ассоциированных с нарушением аддиктивного поведения, а также для поиска новых биомаркеров алкоголизма.</p> <p>НИИ МП</p>
Геномика, протеомика, постгеномные технологии, метаболомика. Нанотехнологии, наномедицина	
76. Разработка методов молекулярного профилирования, обеспечивающих прогнозирование рисков развития социально значимых заболеваний	<p>Разработаны психологические протоколы обследований детей с экстрокорпоральным оплодотворением (ЭКО) (IQ, нейропсихологическая диагностика, логопедическая диагностика для младшей группы детей, оценка когнитивного развития, STQ-77), уточнены показатели развития детей с ЭКО по анкетам, более подробно анализируется процедура проведенных ЭКО и ВРТ. Выявлено разнообразие когнитивного развития, не выходящее, в основном, за пределы нормы. Дети с психиатрическим диагнозом (аутизм, шизотипическое расстройство, эпилепсия) по большинству показателей имели более низкие результаты, чем дети без психических заболеваний. Получены данные о принципиальном сходстве с нормой развития показателей ЭЭГ у исследованных детей, при этом отмечается определенное своеобразие межполушарных и внутриполушарных связей. Материалы, полученные по нейробиомониторингу, указывают на необходимость наблюдения таких детей в динамике для более точной оценки соответствия/несоответствия нормативным</p>

данным. Полученные данные показали перспективность методологии исследования, обещают новизной и требуют расширения выборки и детализации анализа причины ЭКО, уточненного сравнительного анализа по всем направлениям диагностики (психологическое, нейропсихологическое, нейрофизиологическое, иммунологическое).

НЦПЗ

Выявлен профиль экспрессии генов нейростарения, характерный для высокоактивного течения рассеянного склероза, включая гены, ассоциированные с функционированием микроглии, врожденным иммунным ответом, апоптозом, аутофагией и воспалительным ответом.

У пациентов с атеросклеротическими стенозами внутренних сонных артерий проанализирована экспрессия ряда микроРНК. Полученные различия между группами позволили разделить микроРНК на потенциально проатерогенные (miR-33a) и атеропротективные (miR-126-5p, miR-126-3p, miR-21-3p, miR-21-5p), что предполагает их потенциально диагностическую и терапевтическую роль.

НЦН

Проведено сравнительное изучение физико-химических, токсических и транскрипционных свойств ДНК-пептидных комплексов, полученных с помощью матричной полимеризации или окислительной поликонденсации Cys-флакированных пептидов с использованием ограничителя роста цепи 2-аминоэтангиола. Протомонстрирован генотерапевтический эффект доставки плазмиды рРНК-1, несущей ген тимидинкиназы вируса простого герпеса типа 1 (HSV-1), в клетки культур РАНС-1 и НЕК-293Т, а также в первичные клетки миомы матки.

Были разработаны богатые аргинином-гистидином пептидные носители, модифицированные лигандом iRGD для связывания интегрина $\alpha v \beta 3$, и проведено их изучение в качестве носителей для доставки ДНК и микроРНК. Мы протомонстрировали универсальность iRGD-модифицированных пептидных векторов для терапевтической доставки пДНК и микроРНК *in vitro*. Были исследованы физико-химические свойства, эффективность трансфекции и цитотоксичность комплексов носителей и нуклеиновых кислот. Способность пептидов опосредовать специфическое внутриклеточное поглощение была оценена на клеточных линиях с различным количеством интегринов $\alpha v \beta 3$ на поверхности клетки. Кроме того, была протомонстрирована эффективность и специфичность адресной

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>доставки нуклеиновых кислот. Терапевтический потенциал разработанных носителей был продемонстрирован в экспериментах по суицидной генной терапии раковых клеток и подавлении экспрессии гена VEGFA в эндотелиальных клетках с помощью РНК-интерференции. Разработанные носители могут быть предложены в качестве носителей мРНК для антиангиогенной терапии эндометриоза.</p> <p style="text-align: right;">НИИ АГИР им. Д.О. Отта</p> <p>Предложен список метаболитов, мониторинг уровня которых может быть использован для оценки степени биологического старения организма.</p> <p>Выполнен структурный молекулярный анализ белков с пост-трансляционными модификациями, ассоциированными с колоректальной онкопатологией. Проведен кластерный анализ по набору динамических параметров для мотивов глобулярных белков, содержащих пост-трансляционные модификации, структурный анализ и молекулярно-динамическое исследование изменений молекулы альбумина, обусловленных ацетилированием и фосфорилированием. Показано, что пост-трансляционные модификации приводят к локальному изменению конформации супервторичных мотивов, содержащих модификации. Такие модификации, вероятно, влияют на биологическую активность белка.</p> <p>Получены данные по возрастному MSRE-паттерну метилирования промоторных областей генов трансмембранных транспортеров аммония. Установлены филогенетические взаимоотношения 5'-регуляторных участков генов AMT и продемонстрированы преимущества их использования в качестве ДНК маркеров для филетических исследований. Предложен механизм формирования комплексов псевдофолевой кислоты с участием о-сульфобензимида.</p> <p>Выявлены 14 потенциально критически важных генов, неспецифичных для нозологий, а также потенциальные генетические биомаркеры ранней инфантильной эпилептической энцефалопатии и нейронального цероидного липофуциноза.</p> <p>Продемонстрирована возможность адаптации разработанной высокочувствительной системы на базе нанопроволочного биосенсора (НП-биосенсора) для обнаружения молекул белков и микроРНК, ассоциированных с инфекционными и онкологическими забо-</p>

леваниями. Предварительно функционализированный чип к НП-биосенсору позволяет проводить детекцию низкомолекулярных биомолекул в плазме крови в диапазоне концентраций 10-13М-10-17М.

Разработанная электрохимическая система на основе цитохрома Р450 21А1 (CYP21А2) может быть применена для исследования новых лекарственных препаратов – субстратов или ингибиторов этого функционально значимого фермента, что подтверждено в прямых экспериментах с использованием известных лекарственных средств – абиратерона и кетоназола.

Получены новые знания о недавно открытом белке реналазе (RNLS), выполняющем, в том числе, защитные функции в клетке. Так, обнаружено, что секреция внутриклеточной рекомбинантной реналазы (RNLS) клетками многократно усиливается при экспрессии укороченной формы этого белка без N-концевого пептида (tRNLS). При этом обе реналазы (полноразмерная и tRNLS) количественно детектируются во внеклеточной среде. При инкубации рекомбинантной RNLS с образцами плазмы крови происходит быстрая протеолитическая деградация этого белка под действием присутствующих в крови протеаз.

При группировке транскриптомных и протеомных результатов по тканевой принадлежности выявлены различные паттерны экспрессии РНК и белков 18 хромосомами человека в клетках HerG2, колоректального рака и рака легких.

Предложен новый протокол двумерного протеомного анализа с щелочным фракционированием пептидов методом изоэлектрофокусирования. С помощью данного подхода в сочетании с методом таргетного масс-спектрометрического анализа (SRM-SIS) идентифицированы 153 белка 18 хромосомы.

Новый принцип анализа масс-спектрометрических экспериментальных данных, накопленных российским протеомным консорциумом, позволил подтвердить трансляцию семи новых белков (два «missing» и пять uncertain) по двум уникальным пептидам.

Предложен метод неспецифического ковалентного фишинга белков из растворов с низкими концентрациями на поверхность чипов к атомно-силовому микроскопу, активированную фотокросслинкером, позволяющий повысить эффективность концентрирования белков на поверхности.

Выполнено редактирование гена TP53 в кератиноцитах линии HaCaT с использованием CRISPR/Cas9. Эффективность нокаута подтверждена различными методами. Оценена способность полученных клеток к пролиферации и дифференцировке.

ИБМХ

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>При исследовании механизмов формирования фенотипа клеточного старения, индуцированного хроническим стрессом эндоплазматического ретикулума (СЭР) с помощью клеточного сортинга установлено, что растущая при хроническом СЭР гетерогенность клеточной популяции выражается в расщеплении на две субпопуляции с противоположными изменениями в уровне DICER1. Почти для всех мРНК отмечено снижение уровня мРНК DICER1, что указывает на снижение биогенеза микрРНК.</p> <p>Впервые при стресс-индуцированном старении охарактеризована динамика накопления белковых агрегатов с использованием конфокальной лазерной сканирующей микроскопии установлено, что на ранних этапах стресса могут образовываться мелкие агрегаты, диффузно распределенные в цитоплазме, которые затем укрупняются и формируют тельца включения.</p> <p>Обнаружены достоверные ассоциации между уровнями аминокислот плазмы крови и различными подтипами ишемического инсульта (ИИ): острый период кардиогенного эмболического инсульта характеризуется более низкими уровнями общего содержания Глн и Цис по сравнению с этими показателями у пациентов с атеротромботическим и лакунарным ИИ. Показана корреляция уровня общего содержания Гцис и степени тяжести неврологических нарушений при атеротромботическом инсульте. Выявленные особенности гемостаза низкомолекулярных аминокислот должны учитываться при проведении дифференциальной диагностики различных подтипов ИИ.</p> <p>НИИ ОПП</p> <p>Показано, что у пациентов с ревматоидным артритом повышено число CD4+Foxp3+ROryt+ клеток, уровень которых прямо коррелирует с активностью заболевания, выраженной в виде индекса DAS28. Было установлено, что Т-регуляторные клетки (Трег) периферической крови пациентов с ревматоидным артритом, как и клетки здоровых доноров, обладают супрессорной активностью в отношении CD4+ и CD8+ лимфоцитов, стимулированных IL-7 или IL-15, которая сопоставима с супрессорной активностью Трег в отношении поликлонально стимулированных лимфоцитов. При этом уровень супрессии Трег пациентов не зависел от продолжительности или активности заболевания.</p>

Предобработка Трег IL-7 или IL-15, как и добавление анти-CD3 антител к цитокинам в клеточных культурах, приводили к значительному снижению способности Трег подавлять пролиферацию CD4+ и CD8+ лимфоцитов. Эти данные расширяют представления о негативном влиянии гомеостатической пролиферации на иммунное равновесие и раскрывают дополнительный механизм, способствующий нарушению аутоотолерантности в условиях лимфопении и повышающий риск развития аутоиммунных заболеваний.

Исследованы ассоциации между показателями тяжести и активности заболевания (индекс DAS-28, давность заболевания, рентгенологическая стадия, стадия активности, уровни РФ, АЦП и С-РБ, наличие системных проявлений и эрозивного артрита) и параметрами экспрессии рецепторов к TNF α на субпопуляциях иммунокомпетентных клеток. Были выявлены параметры количественной экспрессии и ко-экспрессии рецепторов 1 и 2 типа к TNF α , ассоциированные с высокой и низкой эффективностью терапии ритуксимабом. Данные показатели могут иметь диагностическое значение для оценки выраженности воспалительного процесса при РА и прогнозирования ответа на терапию.

На экспериментальной модели хронической «реакции трансплантат против хозяина» (xRTPHX) показано, что активация рецептора среднецепочечных жирных кислот GPR84 может оказывать существенное влияние на развитие воспалительных реакций и на сдвиги Th1/Th2-баланса, что открывает новые возможности модуляции иммунных реакций и лечения (профилактики) иммунопатологических состояний с помощью соответствующей терапии.

НИИ ФКИ

При изучении молекулярно-клеточных и тканевых маркеров рака молочной железы влияния фактора дифференцировки HLDF (Human Leukemia Differentiation Factor) на метастатический потенциал злокачественного новообразования показано, что концентрации IL-12 и эстрогенового рецептора α в сыворотке крови, гистидин-богатого гликопротеина 1 в супернатанте клеток крови, а также индекс влияния поликлональных активаторов на продукцию прогестеронового рецептора образцами ткани, могут быть использованы в качестве маркёров эпителиально-мезенхимального перехода. Поскольку фактор дифференцировки HLDF оказывает влияние на продукцию белков в большей степени при инвазивной карциноме неспецифического типа и при фибroadеноматозе, эти сведения позволяют рассматривать его как кандидата в средства дифференцирующей терапии.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Прогноз метастазирования рака молочной железы является сложной задачей современной онкологии, требующей тщательного изучения поведения опухолевых клеток, их взаимодействия с нормальными тканями организма. При исследовании белков внеклеточного матрикса как потенциальных маркеров метастазирования рака молочной железы проведен корреляционный анализ частот метастазирования различных типов рака молочной железы в определенные органы и обнаружено, что преимущественными сайтами метастазирования гормонозависимого рака молочной железы являются печень и кости, для отрицательных по рецепторному статусу опухолей – мозг и легкие. Также было обнаружено, что экспрессия интегриновых рецепторов различается в зависимости от фенотипа РМЖ: ITG $\alpha 6$ и $\beta 3$ – экспрессируются преимущественно при гормоноотрицательном раке МЖ, а HER2 – при позитивном раке; ITG αV – в гормонозависимых злокачественных образованиях, а их максимальная экспрессия наблюдается в метастазах в лимфатических узлах. Следовательно, интегрины могут быть прогностическими маркерами метастазирования первичной опухоли и возможными мишенями для таргетной терапии.</p> <p>Диагностическая ценность микроРНК определяется потребностью в распознавании заболевания, особенно на ранних бессимптомных стадиях, а также необходимостью точной оценки прогноза заболевания для выбора оптимальной современной терапевтической тактики. Исследована экспрессия miR-155 и miR-223 у больных хроническим лимфолейкозом в плазме крови с целью сравнения между группами больных с неблагоприятным и нейтральным прогнозом заболевания, с начальной и распространенной стадиями хронического лимфолейкоза, с оптимальным и неоптимальным ответом на терапию. Результаты показали, что указанные микроРНК могут быть использованы в качестве молекулярных факторов прогноза хронического лимфолейкоза.</p> <p>В синтезе соединений, обладающих антибактериальными, противовоспалительными, противосудорожными и противоопухолевыми свойствами, используются енамины. Они являются универсальными интермедиатами для синтеза терапевтически активных гетероциклов, таких как хинолины, дибензодиазепины, пиридиноны, пиразолы, оксазолы и тетрагидробензоксазины. Проведено исследование цитотоксичности комплексов Cu (II), Co (II), Ni (II) и Pd (II) с производными енаминдиона HL (2-$\{[(2\text{-метоксифенил)ами-$</p>

но]метилен}-5,5-диметил-циклогексан-1,3-дионом) и HL1 (2-анилинометилден-5,5-диметилциклогексан-1,3-дионом) на клеточной линии карциномы гортани человека Her2. Показано, что цитотоксичность указанных комплексов зависит от природы металла, и образование комплекса Pd (II) с нетоксичными реагентами (HL1 и Pd (OAc)₂) приводит к проявлению цитотоксической активности.

Исследовано влияние соединений: 2-азидоорезелона, 2-азидо-9-замещённого орезелона и пепрутинидина, с бетулиновой кислотой на экспрессию генов цитокинов и цитохромов в клеточных культурах. Соединение 2-азидо-9-замещённого орезелона с бетулиновой кислотой как наиболее перспективное, было использовано в эксперименте *in vivo* на мышах C57BL/6 в модели циклофосамид-индуцированной иммуносупрессии. Установлено, что указанное соединение способно предотвращать нарушения кроветворения, вызванные введением цитостика в сублетальных дозах. Отмечено восстановление нормального количества лимфоцитов и полихроматофильных эритроцитов в мазках периферической крови экспериментальных животных. Анализ уровней экспрессии целевых генов – IL10, IL12 и FНО-альфа1, в костном мозге экспериментальных животных также показал нормализацию количества соответствующих мРНК при введении соединения мышам за сутки до циклофосамида. Таким образом, соединение 2-азидо-9-замещённого орезелона с бетулиновой кислотой можно рассматривать как перспективную молекулу для изучения его иммуномодулирующих свойств и дальнейших химических модификаций.

На модели доксорубин-индуцированной кардиомиопатии, характеризующейся выраженными дислипидемическими нарушениями и повышением коэффициента атерогенности в три раза, установлено, что курсовое применение аторвастатина способствует замедлению уменьшения объемной плотности кардиомиоцитов, снижая тем самым уровень патологического ремоделирования миокарда. Отсутствие положительного эффекта аторвастатина при его сочетанном применении с доксорубином на восстановление численности кардиомиоцитов свидетельствует о сохраняющейся недостаточности адаптивно-компенсаторных процессов в миокарде.

Выявлены стимулирующие эффекты экстрацеллюлярных микровезикул ксеногенных мультипотентных мезенхимальных стромальной ткани у кроликов, а именно: быстрое заживление крысы при регенерации дефекта костной ткани у кроликов, а именно: быстрое заживление, увеличение частоты успешной регенерации поврежденной кости с формированием на месте повреждения тонкого соединительнотканного рубца.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Введение экзосом мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток экспериментальным животным способствует более эффективному очищению послеоперационной раны при дефектах мышечков большеберцовой кости, быстрое заживлению, более успешной регенерации поврежденной кости. Однако введение экзосом сопровождается сосудистыми изменениями в виде более быстрой дилатации кровеносных сосудов с выраженным диапедезом эритроцитов или даже геморрагиями, более длительной манифестацией отечных явлений, формированием тромбов в сосудах сердца с облитерацией их просвета, склеротической трансформацией сосудистых оболочек и параваскулярных тканей. Выявленные побочные эффекты введения экзосом могут быть связаны с подавлением активности воспалительного процесса в области дефекта, что, в свою очередь, обуславливает более продолжительное поступление тканевого детрита из кровотока в миокард.</p> <p>Индуктор редокс-чувствительной сигнальной системы антиоксидант-реактивного элемента Kear1/Nrf2/ARE оригинальный синтетический монофенол TC-13 (3-(3'-трет-бутил-4'-гидроксифенил)пропилиосульфонат натрия) in vivo тормозит рост перевиваемой карциномы легких Льюиса у мышей. Его эффект сравним с эффектом известного цитостатика доксорубина (соответственно на 32,3 и на 49,5 %), при этом совместное назначение TC-13 и доксорубина подавляет рост опухоли на 55,4 %. Применение TC-13, в отличие от доксорубина, ингибирует генерацию оксида азота перитонеальными макрофагами, что подтверждает эффективность анти-NO• стратегий в противоопухолевой терапии.</p> <p>На разных стадиях БЦЖ-индуцированного гранулематозного воспаления у мышей выявлено разобщение активности свободнорадикальных окислительных процессов на системном (фагоциты перитонеальной полости) и локальном (гомогенаты печени) уровнях. Результаты указывают на возможную роль относительно долгоживущего пероксида водорода в межклеточной коммуникации при формировании, созревании и «диссоциации» гранулем, а также о наличии реципрокной зависимости между активностью сигнальной системы антиоксидант-реактивного элемента Kear1/Nrf2/ARE, с одной стороны, и процессами формирования гранулем и локальной продукцией активных форм кислорода и азота – с другой.</p> <p style="text-align: right;">ФИЦ ФТМ</p>

<p>77. Поиск молекулярных мишеней, конструирование и получение биологически активных веществ (материалов), исследование их фармакологического действия и безопасности</p>	<p>Разработан новый веб-сервис MetaPASS в рамках первого в мире российского ресурса по предсказанию нескольких тысяч видов биологической активности PASS Online на веб-платформе Way2Drug. Общее число пользователей веб-платформы Way2Drug составило около 30 тысяч человек из 104 стран мира. Выполнен прогноз для более, чем 1 млн молекул, что позволило отобрать наиболее перспективные соединения для синтеза и определить приоритетные направления изучения возможностей их применения в качестве фармакотерапевтических средств.</p> <p>Впервые показано, что L-аспарагиназа из <i>Rhodospirillum rubrum</i> способна проникать внутрь опухолевых клеток путём клатрин-опосредованного эндоцитоза и супрессировать транскрипцию главной субъединицы теломеразы hTERT.</p> <p>Индукция альтернативного сплайсинга пре-мРНК дезоксирибонуклеазы 1 приводит к замедлению прогрессии апоптоза в нормальных лимфоцитах человека.</p> <p>Продемонстрировано, что соединения азидотимидинового ряда обладают ингибиторной активностью по отношению к двум ферментам: каталитической субъединице теломеразы hTERT и карбоангидразе IX, что свидетельствует о перспективности этих соединений для противоопухолевой терапии.</p> <p>Анализ с помощью метода поверхностного плазмонного резонанса (SPR) показал, что рекомбинантные пептиды HClQ2c1 и HClQ4c7 и низкомолекулярные соединения не пептидной природы (5-аминоизатин и производные фенантридина) взаимодействуют с целевыми ферментами (протеазы и цитохромы P450). Кроме того, HClQ2c1 и HClQ4c7 ингибируют ферментативную активность трипсина, а некоторые производные фенантридина ингибируют HIVp.</p> <p>Методами молекулярного моделирования проведен поиск ингибиторов протеазы 3CLpro вируса SARS-CoV-2 среди известных лекарственных препаратов. Предложено для экспериментальной проверки четыре препарата, которые могут быть перспективными для лечения COVID-19.</p>
	<p style="text-align: center;">ИМБХ</p> <p>В результате проведенных исследований показана способность карнозина и липоевой кислоты оказывать влияние на гематологические показатели, содержание лептина и грелина у крыс, получавших высококалорийный холинодефицитный рацион. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности дальнейшего изучения механизмов действия биологически активных соединений пищи и пробиотиков при ожирении.</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Разработан, метрологически аттестован и утвержден главным государственным санитарным врачом Российской Федерации метод определения сибутрамина в биологически активных добавках к пище и специализированной пищевой продукции с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии, что определяет его использование, в том числе для установления фальсификации биологически активных добавок к пище на растительной основе синтетическими и природными фармакологически активными веществами.</p> <p>ФИЦ питания и биотехнологии</p>
78. Разработка новых технологий выявления различных типов мутаций генома, методов их профилактики и коррекции	<p>Выполнен системный анализ равномерности покрытия геномных и экзомных данных с целью разработки универсального алгоритма объективной оценки современных подходов полногеномного (WES) и полногеномного (WGS) секвенирования. Результаты исследования позволили определить основные факторы, определяющие эффективность методов WES и WGS. Проведенное исследование подтверждает возможность дальнейшего улучшения методов анализа последовательности ДНК, в том числе с помощью изменения условий обоготения, что делает возможным разработку новых алгоритмов, позволяющих максимально идентифицировать генетические варианты при минимальных дополнительных затратах при проведении NGS.</p> <p>НИИ АГИР им. Д.О. Отта</p>
	<p>Получены генетические конструкции для редактирования мутации R83C в гене G6PC, ответственном за гликогеноз 1A типа, и мутации c.337delG в гене EGFP. Показано, что использование синхронизаторов в фазе клеточного цикла G2/M ABT-751, нокадазола и винбластина увеличивает эффективность коррекции мутации c.337delG в гене EGFP.</p> <p>Получены и полностью охарактеризованы две линии индуцированных плюрипотентных стволовых клеток (ИПСК) от пациента с комбинированным генотипом (F508del/W1282X). Определена эффективность коррекции мутации F508del в гене CFTR в клеточной культуре CFTE29o- методом CRISPR-Cas9 без селекции редактированных клеток.</p> <p>МГНЦ им. Н.П. Бочкова</p>

	<p>Выявлено согласованное повышение метилирования в парах микроРНК в опухолях и метастазах рака яичника и установлена связь молекулярных изменений с диссеминацией рака яичников по брюшине.</p> <p>Получены первые данные, позволяющие предполагать роль ингибиторов контрольной точки иммунитета SPD-L1 для 5 микроРНК (miR-124, miR-34b, miR-34c, miR-9, miR-339) и возможность использования уровня метилирования генов MIR9-1 и MIR124-2 в качестве прогностических маркеров снижения уровня безрецидивной выживаемости больных раком яичников.</p> <p>При изучении репрограммирования макрофагов на M3-фенотип переключения в качестве нового способа ограничения роста солидных опухолей установлено, что культивирование макрофагов в опухолевой среде (рак простаты) снижало фагоцитарную активность всех фенотипов, но при этом выявило существенную устойчивость фагоцитарной активности M3 фенотипа по сравнению с другими.</p> <p>НИИ ОПП</p>
79. Разработка фундаментальных и прикладных проблем наномедицины конструкций – «нанороботов».	<p>В фибробластах с высокими уровнями окислительного стресса и транскрипции сателлитных повторов производные фуллерена [C70] активируют проапоптотические гены, в фибробластах с низким уровнем окислительного стресса – блокируют апоптоз. Показано, что для получения масс-спектров фуллеренов методом MALDI требуется разрушение клеточной мембраны.</p> <p>МГНЦ им. Н.П. Бочкова</p>
<i>Медицинские клеточные технологии</i>	
80. Получение клеточных моделей заболеваний и исследование их методами системной биологии	<p>Дана подробная характеристика ультраструктуры нейрональных клеток, полученных из ИПСК (индуцированные плюрипотентные стволовые клетки). Показано, что клетки в органах, сформированных ИПСК, экспрессируют in vitro глутаматные рецепторы. К концу 3-й недели in vitro в культуре ИПСК, дифференцируемых в нейрональном направлении, обнаруживаются ультраструктурные признаки развития химических синапсов, в частности появление крупных гранулярных пузырьков, которые могут участвовать в формировании и дифференцировке активной зоны синапса (ФГБНУ ИЦН).</p> <p>Охарактеризованы линии плюрипотентных стволовых клеток пациента со спинальной мышечной атрофией III типа (СМА) и пациента с мышечной дистрофией Дюшенна</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>(МДД). Полученные клеточные линии экспрессируют основные маркеры плюрипотентности и могут дифференцироваться <i>in vitro</i> в производные трех зародышевых листков. Линии ИПСК могут быть использованы для дальнейших исследований соответствующих СМА и МДД типов клеток <i>in vitro</i>.</p> <p>Проанализирован рецепторный фенотип и протеомный профиль естественных киллеров (natural killers, NK-cells), характеристик микровезикул (MV) клеточного происхождения. Протестирована способность MV, источниками которых являлись NK-клетки, переносить и передавать биологически активные вещества, вмешивающиеся в метаболизм клеток-мишеней, в частности индуцирующие апоптоз в опухолевых клетках, пролиферацию и миграцию эндотелиальных клеток. Полученные данные об особенностях морфофункциональных характеристиках микровезикул клеточного происхождения позволяют расценивать MV клеточного происхождения как перспективные биологические регуляторы, обладающие противоопухолевой и регенеративной активностью, которые можно использовать в терапевтических целях.</p> <p>НИИ АГИР им. Д.О. Отта</p> <p>В модели клеточной линии меланомы человека впервые продемонстрирована функция коллаген-специфического интегрина альфа2/бета-1, направленная на защиту опухолевых клеток от старения.</p> <p>Изучен хондрогенный потенциал мезенхимных стволовых клеток (МСК) человека, выделенных из трех источников: жировой ткани, Вартонова студня пуповины и пульпы молочного зуба, культивируемых в виде 3D сфероидов. Гистологическое исследование показало наличие признаков хондрогенной дифференцировки во всех исследуемых клеточных культурах, а также выявило различия в объеме продукции и составе внеклеточного матрикса всех трех видов МСК. При этом оказалось, что в условиях сфероидного культивирования среди исследованных МСК клетки жировой ткани в наибольшей степени обладают хондрогенным потенциалом.</p> <p>При плоскоклеточной карциноме шейки матки (ПКШМ), как в клеточных линиях, так и в опухолевой ткани, происходит существенное увеличение экспрессии матричной</p>

	<p>металлопротеиназы (ММП-1), в то время как экспрессия индуктора экспрессии ММП (EMMPRIN) в основном происходила на уровне нормальной ткани или ниже его. Экспрессия ММП-1 не коррелировала с экспрессией EMMPRIN. Полученные результаты не позволяют рекомендовать EMMPRIN в качестве диагностического маркера при ПКШМ. В то время как увеличение экспрессии ММП-1 в морфологически нормальной ткани при ПКШМ может вносить дополнительный вклад в увеличение инвазивного потенциала опухоли и может иметь прогностическое значение.</p> <p style="text-align: center;">ИБМХ</p>
<p>81. Создание новых клеточных технологий</p>	<p>На культуре клеток сетчатки (ганглиозные клетки сетчатки, клетки Мюллера, клетки пигментного эпителия) изучена их терапевтическая чувствительность к комплексу водорастворимых полипептидных фракций</p> <p>Впервые, на доказательном уровне, продемонстрирована практическая возможность использования лантаноидов в качестве зонда фосфатного обмена бактериальной клетки. Для этого была уточнена пространственная связь фосфора и неодиима в объеме моносомы культивируемых бактерий, возникающая после их инактивации препаратом на основе хлорида неодиима. Биохимические механизмы такого нового анантиотического статуса представляют исключительный интерес, и их дальнейшее исследование должно углубить понимание основных принципов клеточной биологии, повлечь за собой создание новых типов консервантов, а возможно – лечь в основу новой технологии высокотемпературного анабиоза. Результаты исследования внедрены в клиническую практику и могут быть использованы в институтах и лабораториях, где объектами изучения являются клетки, ткани и микроорганизмы.</p> <p style="text-align: center;">НИИГБ</p> <p>Выявлено выраженное церебропротекторное действие ингибитора JNK (IQ-1S), заключающееся в нормализации показателей ориентировочно-исследовательского поведения и условно-рефлекторной деятельности экспериментальных животных. Определена роль p13K и ERK1/2 в реализации ростового потенциала мезенхимальных клеток-предшественников, в том числе при стимуляции их функций фактором роста фибробластов. Разработан новый способ усиления продукции Г-КСФ клетками костного мозга с помощью ингибитора JNK.</p> <p>На модели сочетания метаболических нарушений и эмфиземы лёгких у мышей линии C57BL/6 установлено нарушение гемодинамики и мобилизации предшественников</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ангиогенеза. Наблюдающиеся половые различия в реакции эндотелия лёгких и клеток ангиогенеза связаны с особенностями жирового обмена и обмена глюкозы.</p> <p>Установлено, что антиоксидант фенольной природы п-тирозол обладает ДНК-протекторной активностью в отношении мужских половых клеток и клеток ряда соматических тканей. Показано, что степень выраженности и характер отдаленных последствий действия цитостатических препаратов на сперматогониальные клетки определяется их индивидуальным химическим строением и чувствительностью стволовых сперматогониальных клеток. Отдаленные последствия токсического действия метотрексата на мужскую систему репродукции проявляются в нарушении целостности ДНК мужских гамет.</p> <p style="text-align: center;">ТОМСКИЙ НИМИЦ</p> <p>Проведенное исследование сотрудников отделов микробиологии и репродуктологии по выяснению возможностей использования графена в качестве носителя для проведения клеточной терапии с использованием мезенхимальных стволовых клеток было установлено, что графен не обладает собственным антибактериальным действием и в то же время не влияет на рост микроорганизмов. Кроме того, он не приводит in vitro к гемолизу эритроцитов. При введении графена в организм лабораторных крыс не отмечается каких-либо значимых реакций со стороны животных как в месте инъекции, так и на организменном уровне. Это свидетельствует о том, что графен не вступает в какие-либо реакции с живой тканью, проявляя по отношению к ней высокую инертность. Полученные нами данные позволяют говорить о возможном применении графена на практике как в научных, так и в практических биомедицинских целях в качестве инертного неорганического носителя для доставки клеточного продукта до места реализации терапевтического эффекта.</p> <p style="text-align: right;">НИИ АГИР им. Д.О. Отта</p> <p>Показано, что глиальная кондиционированная среда обладает выраженным терапевтическим действием в модели ишемического инсульта, уменьшая степень неврологического дефицита, оказывая антиапоптотическое, ангиогенное и противовоспалительное действие.</p>

Разработан протокол получения нового остеопластического материала на основе коллаген-фибронектинового гидрогеля, импрегнированного полиплексами, содержащими siРНК GSK3 β и РЕТ. Определены условия эффективной трансфекции культур НЕК293 полиплексами на основе плазмидных конструкций, показана биосовместимость 3D-носителей на основе полилактогликолида, гиалуроновой кислоты и коллагена *in vitro* и *in vivo*.

Доказано сохранение высокой остаточной активности канала CFTR при распространённом в Российской Федерации, но малоизученном генетическом варианте 3272-16T>A с использованием кишечных органоидов.

Отработана методика получения несерийных зондов для FISH-анализа ломких сайтов хромосом для изучения мутагенного эффекта стресса репликации.

Показано, что для оценки индивидуального генетического риска у носителей перичентрических инверсий необходимо оценивать жизнеспособность потенциальных зигот. Установлено, что мейотическое поведение инверсий с точками разрывов в прителомерном и прицентромерном районах хромосом зависит не только от размера инвертированного сегмента, но и от морфологии aberrантной хромосомы. Впервые показана возможность определения механизма формирования хромосомной перестройки *inv dup del(8p)* при FISH-анализе паттерна гибридизации с несерийными ДНК-зондами на регион 8p23.1. МГНЦ им. Н.П. Бочкова

Показано, что стромальные клетки жировой ткани (СКЖТ) в 3D культуре приобрели способность к спонтанному остеогенезу и частичной эндотелиальной дифференцировке. Стандартные остеогенные и ангиогенные экзогенные факторы были способны корректировать дифференцировку клеток. Сфероиды, полученные из СКЖТ, способны сохранять сходную морфологию в различных условиях культивирования с характеристиками незрелой ткани и способны к ангиогенезу *in vitro*, что открывает новые подходы к созданию *in vitro* биоэквивалентов васкуляризированных фрагментов костной ткани для быстрого и эффективного восстановления крупных костных дефектов осевого или лицевого скелета.

НИИ ОПП

Показано, что стимулированной дексаметазон-модифицированными ДК индуцируют достоверно более высокий уровень апоптоза CD3+T-лимфоцитов (преимущественно за счет позднего апоптоза), чем контрольные ДК. Таким образом, гипореактивность Т-кле-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ток больных РА в ауто-СКЛ при стимуляции ДКлкс ассоциировалась с усилением апоптоза аутореактивных Т-лимфоцитов.</p> <p>При этом показано, что супрессорная активность ДКлкс в ауто-СКЛ сопряжена с индукцией IL-10-продуцирующих CD4+ Т-клеток.</p> <p>Показано, что ИФН-ДК больных РА способны отвечать на хемотаксические факторы лимфатических узлов (CSL19) и синовиальной жидкости суставов, пораженных воспалительным процессом. При этом обработка ИФН-ДК дексаметазоном не только не снижает миграционную активности, но и в виде тенденции усиливает хемотаксический ответ.</p> <p>На модели отторжения кожного лоскута показано, что дендритные клетки (ДК), трансфицированные с участием rIL-10, способны продлевать сроки отторжения кожного лоскута как у мышей СВА, так и у мышей BALB/c, что говорит о неспецифичном характере угнетения реакции отторжения с помощью данных ДК. Показано антиген-специфичное подавление иммунных реакций с помощью ДК в случае их трансфицирования антигенными последовательностями МНС мышей СВА, что способно продлевать сроки отторжения кожного лоскута только мышей СВА, но не других линий животных.</p> <p>Проведены исследования по влиянию ксеногенных тестикулярных АГ и липосомальных тестикулярных АГ на количество Т-рег клеток и Т-памяти у иммунизированных мышей и мышей с отсутствием опухолевого роста. У мышей с отсутствием опухолевого роста выявлено двукратное снижение количества Т-рег и Т-пам в селезенке по сравнению с иммунизированным контролем. Показано значительное увеличение количества CD8+RegToin+ клеток при вакцинации мышей тестикулярной вакциной, а также снижение концентрации IL10 в супернатантах спленоцитов мышей в этой группе мышей. Таким образом, иммунизация ксеногенными опухолевыми АГ может приводить к формированию протективного противоопухолевого ответа, направленного, перекрестным образом, на собственные опухоль-ассоциированные АГ.</p> <p>Показано, что М-CSF-дифференцированные Мф вне зависимости от дальнейшей поляризации продуцировали высокие концентрации ММР-9, тогда как уровни TIMP-1 ответствовали нижней границы детектируемого диапазона, что обуславливало высокое соотношение ММР-9/TIMP-1. Можно полагать что в стадии покоя М-CSF дифферен-</p>

	<p>цированные макрофаги обладают преимущественно антифибротическим потенциалом. Учитывая, что GM-CSF возрастает при воспалении, можно полагать, что при патологии GM-CSF дифференцированные Мф независимо от поляризующего стимула являются более «профиброгенными». При этом М1 клетки характеризовались более высоким индексом MMP-9/TIMP-1, чем М2а (IL-4) и М2с (декс), что свидетельствовало об их более высоком фиброгенном потенциале.</p> <p>GM-CSF дифференцированные Мф независимо от последующего поляризующего стимула обладали более высоким стимулирующим действием на пролиферацию фибробластов. Способность усиливать пролиферацию выявлялась как у М1, так и М2 клеток. При этом супернатанты М1 клеток демонстрировали наименьшую стимулирующую активность, а супернатанты М2с(декс) – наибольшую (индексы стимуляции – 2,4 и 9,3, соответственно).</p> <p>При анализе влияния GM-CSF-дифференцированных макрофагов на продукцию коллагена супернатанты М1- и М2-поляризованных Мф обладали стимулирующим эффектом. Среди функциональных фенотипов М2 клеток М2с(декс) макрофаги обладали наименьшим стимулирующим эффектом на продукцию коллагена.</p> <p>Обнаружены существенные межвидовые (мышь C57BL/6 и сирийские хомячки) различия уже на ранних стадиях инфицирования животных личинками <i>O.felineus</i>. У хомячков наблюдались изменения в составе форменных элементов крови, свидетельствующие о проявлении воспалительной реакции, вызванной инвазией. В костном мозге наблюдалась активация гемопозитических миело- и эритропоэза. Полученные данные говорят о большей резистентности мышей к инфицированию <i>O.felineus</i>, однако не исключают возможности использования мышей в качестве модельных при исследовании процессов, происходящих в организме хозяина на фоне экспериментального описторхоза.</p> <p style="text-align: center;">НИИ ФКИ</p>
<p>82. Поиск новых молекулярных мишеней фармакологической регуляции патологических процессов</p>	<p style="text-align: center;">Фармакологическая коррекция процессов жизнедеятельности</p> <p>Установлена достоверная, прямая, корреляционная связь между содержанием СРБ, гистамина и неоптерина до начала терапии с уровнем боли и функции по WOMAC. Клиническое улучшение от приема «Эпигенормантивир» ассоциировалось со снижением содержания компонентов метаболического синдрома – общего холестерина, холестерина ЛПНП, триглицеридов. Терапия вызывала уменьшение уровня системного воспаления за счет снижения концентрации ФНО-α, гистамина, IL-18 и СРБ. В то же время увеличива-</p>

Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>лось содержание IL-10 и адипонектина. Применительно, что прием «Эпигенормантивир» не влиял на уровень антител к коллагену II в сыворотке ПК, однако статистически значительно снижал содержание показателя клеточного иммунитета неоптерина. Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о многоцелевом действии парафармацевтика «Эпигенормантивир» у больных ОАМС: противовоспалительном, иммуномодулирующем, антиатерогенном. Эти данные, а также ранее полученные результаты о клинической эффективности приема «Эпигенормантивир», дают основания для проведения контролируемых слепых, рандомизированных клинических испытаний.</p> <p style="text-align: center;">НИИ ФКИ</p>
83. Разработка новых оригинальных лекарственных средств, в том числе по перечню жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов	<p>Показано, что водный и 70% этанольный экстракты лабазника вязолистного (<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.) ингибируют развитие метастазирования карциномы легких Льюис у мышей при изолированном введении и потенцируют антиметастатическую активность циклофосфана. Установлено эритропоэзстимулирующее и генопротекторное (в отношении клеток костного мозга) действие антиоксидантсодержащего комплекса из плодов <i>Agonia melanosagra</i> (Michx.) Elliott в условиях анемического синдрома у мышей с карциномой легких Льюис после введения доксорубина. Показано корригирующее влияние полисахаридов <i>Tussilago farfara</i> L. на пораженный цитостатиками эпителий тонкого кишечника животных с карциномой легких Льюис при их применении с цисплатином и иринотеканом. У комплекса флавоноидов из надземной части <i>Lychmis chalcidonica</i> выявлено противоязвенное действие на моделях этанолового и индометацинового повреждения слизистой оболочки желудка у крыс.</p> <p>Обнаружено, что молекулярные соотношения в структуре макромолекул гуминовых кислот имеют прямую связь с их способностью влиять на продукцию оксида азота перитонеальными макрофагами мышей <i>in vitro</i>. Полисахариды высших растений и гуминовые кислоты обладают способностью усиливать Th1-тип иммунного ответа и подавлять Th2-тип и выработку противовоспалительных цитокинов. С помощью ингибиторов сигнальных молекул и мембранных рецепторов выяснено участие этих молекул в активации внутриклеточного сигнального каскада провоспалительных свойств иммунокомпетент-</p>

ных клеток. Выявлено участие мембранных клеточных рецепторов TLR-4 в стимуляции макрофагов растительными полисахаридами и гуминовыми кислотами.

ТОМСКИЙ НИИЦ

Проведено исследование нового полусинтетического антибиотика из класса гликопептидов, обладающего высокой антибактериальной активностью, ЛХТА-3328. В результате проведенных исследований получены данные о переносимых и токсических дозах соединения ЛХТА-3328.

Проведено изучение хронической токсичности соединения ЛХТА 3074, обладающего высокой антибактериальной активностью, на крысах. При изучении электрокардиограммы (ЭКГ) на 1 и 15 сутки после окончания курса введений препарата выявлено достоверное дозозависимое увеличение числа сердечных сокращений (ЧСС), времени электрической систолы (интервал QT) у подопытных животных по сравнению с контрольными. На эти же сроки выявлено достоверное дозозависимое увеличение массовых коэффициентов сердца у подопытных животных по сравнению с контрольными.

Таким образом, по результатам исследований у препарата обнаружено дозозависимое кардиотоксическое действие.

Проведено изучение 35 производных трииндолилметана *in vitro* на 15 Gr⁺ и Gr⁻ бактериальных штаммах (МПК). Из них 18 активны в отношении Gr⁺ бактериальных штаммов и 3 активны в отношении Gr⁺ и Gr⁻ бактериальных штаммов. В опыте *in vivo* на модели стафилококкового сепсиса изучено одно производное трииндолилметана – ЛХТА-3074.

Проведен скрининг на противоопухолевую активность соединений ЛХТА – 2037, ЛХТА – 2404 и ЛХТА-3175 на мышах с внутрибрюшинно перевитым лимфолейкозом Р-388. Соединение ЛХТА-3175 отобрано как эффективное.

Проведено определение активности химических соединений и прототипов лекарственных форм в отношении бактериальных инфекций *in vivo* и *in vitro*. При изучении специфической эффективности ХС1253 и ХС125 на модели стафилококкового сепсиса мышей при разных схемах введения (1, 24, 48 часов) было отобрано соединение ХС125.

НИИНА

Сравнительный анализ результатов исследования антиокислительной активности (АОА) полученных экстрактов биологически активных веществ из морских гидробионтов показал, что АОА достигает до 11,6 мг/г сырья в масляной фазе и до 5,6 мг/г сырья в

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>водно-спиртовой фазе. Сочетание двухфазной экстракции с ультразвуковым воздействием позволяет достичь значений АОА, равных АОА экстрактов, полученных при перемешивании в течение 96 часов, в течение 60–180 мин в зависимости от свойств исходного сырья.</p> <p>Уровень митотенной активности для контрольного образца составил на 1000 клеток 18 митозов; для образца с внесенным комплексом биологически активных веществ в водно-спиртовой фазе – 22 митоза; для образца с внесенным комплексом биологически активных веществ в масляной фазе – 48 митозов.</p> <p>Исследование антибактериальной активности показало, что наиболее широким диапазоном литической активности обладает водно-спиртовая фракция, действие которой проявилось на первые сутки по отношению к 5 видам бактерий. Наибольшую чувствительность к ней проявила <i>Y. pseudotuberculosis</i>.</p> <p>Протекторные свойства спиртовых вытяжек проявляются более выражено при более высоком содержании в замкнутой системе и практически идентично при всех концентрациях соли тяжелого металла (свинца). Протекторная активность масляных вытяжек выражена выше, чем у спиртовых в среднем в два раза.</p> <p>Получены хроматографические профили водного и масляного экстрактов в сравнении между собой и на двух длинах волн (214/280 нм). Спектр соединений преимущественно локализован в водной вытяжке, подтверждено наличие пептидов в экстракте.</p> <p>НИИ МП</p> <p>Введение аполипопротеина А-I (апоА-I) человека в питательную среду для культивирования мезенхимальных стволовых клеток (МСК) сохраняет их функциональную активность в условиях оксидативного стресса, депривации эмбриональной сывороткой и кислородом. Использование рекомбинантного белка или апоА-I, изолированного из сыворотки крови пациентов, позволяет получить практически безопасную бессывороточную питательную среду для культивирования МСК с целью их использования для персонализированной клеточной терапии или тканевой инженерии.</p> <p>Проведено ремоделирование липопротеинов плазмы крови путем их обогащения нативным и рекомбинантным апоА-I. Полученные ЛПП-богатые апоА-I частицы могут быть</p>

использованы как потенциальные транспортные формы для экзогенных белковых молекул и их биологически активных комплексов с заданными терапевтическими свойствами.

На модели асцитной карциномы Кребса у мышей показан выраженный цитотоксический эффект на клетки опухоли модифицированного апоА-1, содержащего на С-конце цитотоксический полипептидный фрагмент (апоА-1-SuтоС). На экспериментальных животных проводится отработка концентраций и способа введения апоА-1-SuтоС для создания нового противоопухолевого средства.

Создан рекомбинантный штамм дрожжей *Pichia pastoris* X33 – продуцент химерного интерферона alpha2b человека, включающего аминокислотные последовательности интерферона alpha2b и аполипопротеина А-1 человека; разработан способ получения указанного белка. Химерный интерферон alpha2b обладает пролонгированным действием и значительно более высокой удельной биологической активностью по сравнению с ближайшими мировыми аналогами. Эти результаты свидетельствуют о перспективности потенциального использования химеры в качестве препарата IFNalpha2b пролонгированного действия.

Разработан способ оценки сбалансированности противовоспалительной, микробицидной, противовоспалительной реакций альвеолярных макрофагов у больных туберкулезом легких. Способ обеспечивает определение избыточности или недостаточности реакций альвеолярных макрофагов в ответ на инфекцию микобактериями туберкулеза после проведения курсов химиотерапии и операционного лечения больных туберкулезом легких, что может быть использовано для персонализации подходов к иммунотоксической коррекции та в послеоперационный период лечения.

На основе окисленного декстрана разработана фармацевтическая композиция для лечения ран и ожогов. Изготовлены пилотные партии ранозаживляющего средства, определены ключевые технологические параметры для стандартизации процесса изготовления опытных партий фармацевтической композиции с ранозаживляющими свойствами; разработаны основные показатели качества фармацевтической композиции и методы их тестирования для составления проектов нормативно-технической документации; определены базовые лекарственные формы для ранозаживляющего средства на основе окисленного декстрана.

Введение в течение 3 месяцев мышам, инфицированным вакциной БЦЖ, композиции, содержащей противотуберкулезный препарат гидразид изоникотиновой кислоты и окисленный декстран в липосомальной форме (ЛФД3), вызывало в хронической фазе

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>патологического процесса перераспределение гликозаминогликанов в пользу сульфатированных гликозаминогликанов, снижение содержания гиалуронана и изменение соотношения фракций гидроксипролина в ткани печени, но не в легких. Результаты позволяют говорить о возможности применения композиции в целях профилактики фибротических осложнений в печени в период хронического БЦЖ-гранулематоза. Характер изменения функционирования системы матричных металлопротеиназ и их ингибиторов в печени и лёгких мышей в период хронического БЦЖ-гранулематоза под влиянием введения ЛФДЗ свидетельствует о снижении активности деструктивно-воспалительного потенциала.</p> <p>ФИИЦ ФТМ</p>
	<p><i>Проблемы охраны здоровья матери и ребенка</i></p>
<p>84. Охрана здоровья женщин во время беременности, родов и послеродового периода</p>	<p>Изучена роль приёма слабоалкогольных напитков на течение беременности. Показано, что употребление слабоалкогольных напитков до и во время беременности в малых и умеренных дозах повышает частоту соматической патологии у женщин, оказывает неблагоприятное влияние на течение беременности и роды (преждевременные роды, тяжёлая асфиксия, ВПС, аномалии родовой деятельности). Отмечено влияние употребления слабоалкогольных напитков в зависимости от дозы на гормональную функцию фетоплацентарного комплекса, метаболизм гормонов цитовидной железы и развитие оксидативного стресса у беременных.</p> <p>НЦЗСРЧ</p> <p>Проведено исследование особенностей течения сахарного диабета, имеющего характер пандемии и оказывающего многостороннее неблагоприятное воздействие на течение беременности. Оценено состояние оксидантного статуса, липидного обмена и уровня адипокинов у беременных с различными типами СД и установлено, что превышение оксидативного стресса и нарушения липидного обмена могут иметь отношение к неблагоприятным перинатальным исходам, а также к патогенезу СД и его осложнений, а</p>

	<p>повышенный уровень адипокинов является важным маркером ранней диагностики ГСД, макросомии плода и преэклампсии. В связи с новыми критериями целевых уровней гликемии у беременных с СД рассмотрена взаимосвязь качества контроля гликемии с развитием акушерских и диабетических осложнений. Проведен анализ сроков и способов родоразрешения у беременных с СД различных типов. Исследованы современные методы диагностики состояния новорожденных, позволяющие прогнозировать его дальнейшее развитие. Оценка содержания серотонина у здоровых доношенных новорожденных детей в сопоставлении с количественной и качественной характеристикой электрофизиологической картины сна показала возможность использования данного метода как биохимического маркера функционального развития мозга.</p> <p>Показано, что применение метода инфракрасной спектроскопии с учетом функционального состояния ЦНС и эритроцитов позволяет получить объективную оценку поражения мозга у новорожденных с ЗВУР.</p> <p>НИИ АГиР им. Д.О. Отта</p>
<p>85 Технологии диагностики, лечения и профилактики патологии плода и новорожденного</p>	<p>Разработан способ прогнозирования преждевременных родов при многоплодии, по интегральной оценке маркеров локального воспалительного процесса. Способ повышает эффективность прогнозирования преждевременных родов, снижает число госпитализаций и необоснованных терапевтических вмешательств при низком риске преждевременных родов и обеспечивает своевременность мер профилактики, патогенетически обоснованный выбор метода терапии при высоком риске реализации спонтанных преждевременных родов. Технология защищена патентом № 2020126565/14(046639).</p> <p>Разработан способ прогнозирования риска развития различных форм преэклампсии (ПЭ) у беременных с прегестационными типами сахарного диабета. Способ включает в себя определение содержания эндотелина (ENG) в сыворотке периферической крови женщин с СД в 11-14 недель беременности. При значении ENG равном или более 274 нг/мл, беременная относится к группе высокого риска по развитию ПЭ. Использование изобретения позволяет диагностировать риск развития преэклампсии у женщин с СД в первом триместре беременности, задолго до начала ее клинических проявлений.</p> <p>Разработан способ прогнозирования риска развития различных форм преэклампсии (ПЭ) и задержки роста плода у беременных с прегестационными типами сахарного диабета. Способ включает в себя определение содержания 8-изопростана (8-iso-PGF2α) в</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>сыворотке периферической крови женщин с СД в 11-14 недель беременности. При значении 8-iso-PGF_{2α} равном или более 460,85 пг/мл беременная относится к группе высокого риска развития ПЭи ЗРП. Использование изобретения в качестве прогностического теста позволяет определить риск развития преэклампсии и ЗРП у женщин с СД как в первом триместре.</p> <p>Проведено исследование по определению генов бета-лактамной резистентности уропатогенных энтеробактерий в образцах мочи у беременных женщин с пиелонефритом, которое может быть использовано в лабораторной медицине для экспресс анализа мочи на ДНК энтеробактерий. При выявлении клинически значимого количества энтеробактерий $\geq 5 \times 10^5$ ГЭ/мл проводится последующий ПЦР-анализ той же пробы ДНК на гены бета-лактамаз CTX-M, TEM и DNA, и при обнаружении как минимум одного из генов CTX-M, TEM, DNA делается вывод о бета-лактамной резистентности уропатогенных энтеробактерий у беременных женщин с пиелонефритом. Экономический эффект от внедрения заключается в сокращении времени исследования от нескольких суток до 3-4 часов и в возможности применения в учреждениях, не располагающих условиями для бактериологических исследований. Технология защищена патентом Российской Федерации № 2738854 от 17 декабря 2020 г.</p> <p>НИИ АГИР им. Д.О. Отта</p> <p>При проведении системный протеомного анализа динамических изменений протеома у пациенток с различными типами сахарного диабета (СД) и с исходом течения беременности выявлен ряд серологических маркеров, которые комплексно и количественно позволяют дифференцировать типы СД у беременных женщин. Предложена принципиально новая диагностическая панель серологических маркеров, состоящая из трех основных (карциноэмбриональный антиген изоформа-1 (CEACAM1), карнозидипептидаза (CNDP1) и C-реактивный белок (CRP)) и двух вспомогательных показателей (IgG4 и IgA2), позволяющая проводить эффективную оценку риска развития диабетической фетопатии с чувствительностью до 89% и специфичностью 92%.</p> <p>НИИ ОПП</p>

Разработан способ лечения эндометриоза на основании экспериментальной модели у крыс. Полученные результаты продемонстрировали высокую эффективность антагониста окситоциновых рецепторов в терапии хирургически-индуцированного эндометриоза у крыс и характеризовались полной резорбцией или достоверным регрессом эндометриальных гетеротопий, по сравнению с показателями контрольной группы животных. Заявляемый способ является обоснованием для включения ингибитора окситоциновых рецепторов в клиническую практику и расширяет арсенал средств лечения эндометриоза. Технология защищена патентом № 2711615 С1/ 17.01.20.

Разработан консервативный метод лечения наружного генитального эндометриоза (НГЭ) агонистом дофамина каберголином на основании экспериментальной модели заболевания и в клинической практике. Способ позволяет повысить эффективность терапии НГЭ, использовать различные дозировки в зависимости от степени распространённости заболевания, повышает частоту наступления беременности. Разработанный способ имеет меньшее число побочных эффектов по сравнению со стандартной гормономодулирующей терапией, характеризуется высокой приверженностью пациентов, может быть использован как в качестве монотерапии, так и в дополнение к основным схемам гормонального лечения НГЭ. Технология защищена патентом № 2732251 С1/ 14.09.20.

Разработан способ лечения наружного генитального эндометриоза, включающий хирургическое и медикаментозное воздействия с применением бигуанида метформина, характеризующийся устранением болевого синдрома и повышением эффективности лечения заболевания. Эффективность терапии подтверждена на основании хирургически-индуцированной экспериментальной модели эндометриоза у крыс линии Wistar, а также на основании клинической практики. Предложены различные схемы лечения в зависимости от индекса массы тела и результатов глюкозотолерантного теста, уровней базального и стимулированного инсулина как в режиме монотерапии, так и в комбинации со стандартной гормональной терапией генитального эндометриоза. Технология защищена патентом № 2727299 С1/ 21.07.20.

Разработан и внедрен в практическую деятельность способ удаления полипов цервикального канала при выполнении офисной гистероскопии с последующей лазерной деструкцией ложа ножки полипа под контролем кольпоскопа. Метод обеспечивает хорошую визуализацию, минимальную травматизацию цервикального канала, прицельную точную деструкцию зоны ложа ножки полипа без повреждения окружающих тканей, что позволяет эффективно удалять образования и снизить частоту рецидивов полипов. Технология защищена патентом № 2737504/ 01.12.20.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Проведено системное изучение взаимосвязей между исходами ЭКО и уровнями и соотношением наиболее важных для контроля репродуктивных функций адипокинов в фолликулярной жидкости женщин с нормальной и повышенной массой тела. Впервые установлено, что прогностическая значимость изменений уровней лептина, грелина и соотношений лептин/грелин и лептин/адипонектин в фолликулярной жидкости в значительной степени определяется массой тела пациентки и ее гормональным и метаболическим статусом. Установлено, что концентрация лептина в фолликулярной жидкости и соотношение лептин/грелин могут стать новыми маркерами для оценки успешности ЭКО у женщин с нормальной массой тела. Прогностическая значимость соотношения лептин/грелин составила 25.13 (CI 1.24-509.15, $p = 0.035$) и потенциально может использоваться в качестве критерия для принятия решения о целесообразности использования вспомогательных репродуктивных технологий.</p> <p>В отделе репродуктологии ФГБНУ «НИИ АГиР им.Д.О.Отта» совместно с СПбГУ в рамках гранта Правительства Российской Федерации за 2020 год проведено исследование, целью которого было изучить влияние циркулирующих аутоантител к тиропероксидазе (ТПО) (специфический фермент щитовидной железы) на развитие плодов мышей в эксперименте. Было установлено, что введение экспериментальным животным специфических иммуноглобулинов к ТПО приводило к значительному повышению частоты развития прерывания беременности у мышей, а также к повышению частоты рождения маловесных к сроку беременности плодов. Данное исследование является экспериментальным подтверждением самостоятельного патологического воздействия антител к тиропероксидазе на течение беременности путем формирования дисфункции хориона и в последующем плацентарной недостаточности.</p> <p>НИИ АГИР им. Д.О. Отта</p>
87. Особенности возрастной физиологии растущего организма ребенка	<p>Установлены особенности метаболических реакций у девушек-подростков в зависимости от этнической принадлежности. Для девушек представительниц этнических групп тофаларов, эвенков и бурят, в сравнении с европеоидами, характерны определенные реакции метаболизма: повышенная активность периферического звена гипотизарно-ти-</p>

	<p>реоидной системы во всех этногруппах; более высокая активность глюкокортикоидной функции надпочечников у девушек-эвенкиек и стресс-лимитирующей пролактинергической функции у девушек бурятского этноса; сниженные уровни атерогенных фракций холестерина – у девушек-тофаларок и буряток; активация липоперекисных процессов с повышением активности антиоксидантной защиты у девушек-тофаларок и эвенкиек. Определение наиболее информативных показателей, характеризующих различия метаболических реакций в данных этногруппах позволило разработать концептуальную схему формирования процесса долговременной адаптации у коренных этносов.</p> <p>НЦПЗРСЧ</p>
<p>88. Разработка стратегии молекулярной идентификации наследственных болезней мультифакториальной природы, основ геноспецифической терапии</p>	<p>На основе принципов геноспецифической терапии разработаны подходы к лечению ряда нервно-мышечных заболеваний, таких как поясно-конечностная мышечная дистрофия типа 2В, вызываемой мутациями в гене DYSF. Так как дисферлин, кодируемый данным геном, по функциям и строению похож на дистрофин, то решено было использовать стратегию пропуски экзонов с мутациями для восстановления рамки считывания, которая уже зарекомендовала себя в лечении миодистрофии Дюшенна. Для разработки подхода к терапии поясно-конечностной мышечной дистрофии типа 2В с помощью метода CRISPR-Cas9 были созданы и верифицированы генетические конструкции для пропуски экзонов с мутациями в гене DYSF, а также отработан протокол трансфекции данной конструкции в миобласты, полученные от пациентов поясно-конечностной мышечной дистрофии типа 2В.</p> <p>МГНЦ</p>
<p>89. Совершенствование и разработка новых технологий диагностики, лечения, реабилитации болезней детского возраста</p>	<p>Проведено изучение особенностей питания и физического развития у детей школьного возраста в Дальневосточном (932 детей в Республике Саха (Якутия)) и городах Сибирского ФО (гг. Иркутске и Ангарске – 175 и 148 детей соответственно) на основе новых методических подходов. Осуществлен сбор буккального эпителия детей для изучения полиморфизма генов, ассоциированных с нарушениями энергетического обмена. Выявлены особенности питания школьников Якутии, что характеризовалось более высокой частотой потребления мяса, меньшей – молочных продуктов и рыбы по сравнению с Российской Федерацией в целом; в качестве негативной тенденции отмечено высокое потребление колбасных изделий. Отмечена положительная динамика в организации питания школьников, проживающих в Республике Саха (Якутия) – увеличение частоты</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>потребления свежих овощей и фруктов, кисломолочных напитков, мяса и его видового разнообразия, а также национальных продуктов в детском питании. В г. Иркутске и Ангарске, отражающих ситуацию в Сибирском ФО, для питания детей школьного возраста характерно меньшее потребление молока и кисломолочных напитков, овощей и фруктов по сравнению с потреблением данных продуктов в Арктической зоне и Российской Федерации, при этом более частое потребление сладких газированных напитков, кондитерских изделий и фаст-фуда. Распространенность ожирения и избыточной массы тела у детей 7–18 лет в Якутии различается для пришкольного и местного населения (13,6% и 9,3%, соответственно). Осуществлен анализ частоты встречаемости генетических полиморфизмов гена ADIPOQ, ассоциированных с развитием ожирения, у детей в возрасте 3–11 лет Московского региона. Установлено, что полиморфизм rs266729 гена ADIPOQ ассоциируется с риском формирования избыточной массы тела и ожирения у детей 3–11 лет в регионе. В экспериментальных исследованиях установлено негативное влияние микронутриентной недостаточности (дефицита витаминов) на отдельные звенья метаболизма и связанные с ними функции организма. Разработаны методические рекомендации «О применении специализированных пищевых продуктов диетического лечебного и диетического профилактического питания витаминно-минеральных комплексов (ВМК)» и МР 2.3.0144-19 «Об организации питания в медицинских организациях, образовательных организациях и организациях социального обслуживания населения с использованием витаминно-минеральных комплексов». Первые получены данные о состоянии и особенностях пищевого статуса у пациентов с дефицитом массы тела различных нозологических групп. Дефицит жировой массы выявлен у 94%, массы скелетной мускулатуры – у 69,4% детей. Метабологическая характеристика снижается с уменьшением энерготрат покоя (46,4% детей), уменьшением скорости окисления углеводов (75%) и белка (54,2%), увеличением скорости окисления жиров (51,8% детей). Проведенные исследования подтвердили низкую частоту встречаемости гомозиготного генотипа минорных аллелей полиморфизма rs174544 гена FADS1 у детей с атопическим дерматитом по сравнению со здоровыми детьми, что в сочетании с результатами изучения жирнокислотного состава плазмы крови на уровне тенденции подтверждает данные о более низком уровне длинноцепочечных ПНЖК се-</p>

	<p>мейства омега-3 у носителей minorных аллелей изученных полиморфизмов. При определении мутаций в гене филагрина установлено, что мутации R501X и 2282del14 чаще встречались у детей с поливалентной пищевой аллергией, имеющих тяжелый атопический дерматит. Проведена проверка пар праймеров in silico с использованием сервиса «primer-blast» (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/) с ограничением поиска по домену «Bacteria (taxid:2)», базы данных «nr» и «RefSeq Representative Genomes Database» и отобранные праймеры с высокой степенью гомологии к последовательностям бактерий с соответствиями с заявленной специфичностью. Проведен анализ литературных данных о взаимосвязи между основными группами и популяциями микробиома толстой кишки у взрослых больных с синдромом раздраженного кишечника и ожирением (СРК) во взаимосвязи с особенностями питания у этих групп больных. Проведены анализ фактического питания, оценка энерготрат покоя, водородно-метанового дыхательного теста, аноректальной манометрии, сбор образцов кала для отработки количественного формата ПЦР в реальном времени с группоспецифическими праймерами у пациентов с избытком массы тела и ожирением. В рамках разработки системы комплексной диагностики СРК как функционального заболевания кишечника проведены исследования выделенной микробной ДНК из кишечного содержимого лиц с нормальной массой тела (с СРК и здоровых) и ожирением (с СРК и здоровых). Впервые получены данные об особенностях пищевого статуса у детей с гиперхолестеринемией. Этиология гиперхолестеринемии не влияет на показатели физического развития. Метабологическая программа у детей с семейной гиперхолестеринемией характеризуется изменением энерготрат покоя, уменьшением скорости окисления углеводов и, компенсаторно, увеличением скорости окисления жиров. Повышение предикторов раннего сосудистого поражения (гомоцистеина и липопротеина А) выявлено у 5% обследованных детей.</p> <p style="text-align: center;">ФИЦ питания и биотехнологии</p>
	<p style="text-align: center;">Фундаментальные и прикладные проблемы онкологии</p>
90. Разработка теоретических вопросов канцерогенеза, вирусологии, иммунологии, биологии и биохимии опухолей	<p>Впервые идентифицированы этно-специфические наследственные мутации предрасположенности к раку молочной железы (РМЖ) у коренного населения Российской Федерации монголоидного происхождения. Идентификация специфичных мутаций позволяет проводить раннюю диагностику и профилактику заболелания у «здоровых» носителей мутации, а также прогнозировать эффективность режимов химиотерапии для больных РМЖ в соответствии с этнической принадлежностью.</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p>Полученные результаты</p> <p>(в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>В сибирской популяции 5% опухолей несут мутации V600E. Обнаружение соматической мутации V600E гена BRAF у больных раком толстой кишки дает основания для назначения специфической терапии. При отсутствии этой мутации, а также мутации в гене KRAS, может быть применен препарат антител к EGFR для повышения эффективности лечения. Разработана модель прогнозирования риска малигнизации у больных полипами толстой кишки с участием 20S протеасом, металлопротеиназ-ассоциированной субпопуляции экзосом в плазме крови с чувствительностью 93,8% и специфичностью 80%.</p> <p>Получены новые данные для разработки критериев риска злокачественной трансформации у пациентов с предопухолевыми заболеваниями верхних дыхательных путей на основе маркеров клеточной подвижности. Сочетание базальноклеточной гиперплазии и плоскоклеточной метapлазии в мелких бронхах, находящихся на расстоянии около 3–4 см от опухоли немелкоклеточного рака легкого, обосновано в качестве критерия, дополняющего перечень инструментов для прогнозирования риска рецидивов немелкоклеточного рака легкого. Подтверждена значимость анализа уровня метилирования ретроэлементов LINE-1 в циркулирующих ДНК как критерия для распознавания злокачественного процесса от незлокачественных хронических заболеваний легкого, в том числе хронической обструктивной болезни легких.</p> <p>Получены новые фундаментальные данные о способности опухолевых клеток к де-дифференцировке в процессе клональной эволюции от нестволовой клетки до стволовой и связи этой субпопуляции с метастазированием. На основе установления молекулярного и клеточного механизма действия регуляторных белков макрофагов второго типа расширены представления об их роли в формировании опухолевого микроокружения и прогрессии опухоли при раке молочной железы.</p> <p>При полнотранскриптомном анализе определены некодирующие РНК, вовлеченные в инвазивный рост, миграцию и метастазирование опухолевых клеток РМЖ, выявлен ген WAVE 2 как дополнительный диагностический критерий для оценки инвазивного потенциала опухоли. Функциональный статус сериновой протеазы KIK5, мутаций которой характерны для рака молочной железы с агрессивной индивидуальной инвазией, определяет скорость клеточной миграции и её направленность. Риск рецидивирования немел-</p>

клеточного рака лёгкого ассоциирован с полиморфными вариантами генов лизил-оксидазы LOXL2, костного морфогенетического белка BMP2, транскрипционного фактора NFATC1, рутлетина CROCC и сериновой протеазы PRSS1. Для плоскоклеточного рака лёгкого с высоким риском гематогенного метастазирования характерны мутации в генах, вовлеченных в процессы канцерогенеза (TP53, RB1, MMP1 и др.) и кодирующих белки межклеточной адгезии (CDH8, CDH9, CDH10 и др.).

ТОМСКИЙ НИИЦ

Разработаны оригинальные синтетические подходы для получения гетероциклических производных антрахинона, амидов этого ряда и обнаружены особенности взаимосвязи структура-активность и механизма индуцируемой клеточной гибели. Найдены пути конъюгации гетероциклических производных антрахинона с лигандами убиквитинлигазы для направленного протеолиза белков Sirp1 и tNOX. Разработаны новые методы модификации антибиотика гелиомицина, позволившие повысить его родство к вторичным структурам нуклеиновых кислот. Синтезированы новые фотоактивные лиганды G-кваруплексов РНК и показана эффективность их использования в фотодинамической терапии онкологических заболеваний.

Синтезированы три серии потенциальных ингибиторов карбоангидразы IX на основе сульфамидов 1-бензил-2,3-диоксоиндолинов, 1-ацилиндолонов и хиноксалин 1,4-диоксидов. Показано, что 2,3-диоксоиндолин-5-сульфонамиды обладают высокой антипролиферативной активностью. Оптимизирован ряд методов синтеза производных хиноксалин 1,4-диоксида, содержащих фармакофорные группы в положениях 2, 3, 6 и 7 гетероцикла. Получена серия ранее не описанных производных трифторметил- и сульфамидопроизводных хиноксалин 1,4-диоксида, ингибирующих в субмикромольных концентрациях пролиферацию опухолевых клеток. Синтезирована серия противоопухолевых салицилденгидразонов на основе индол-2(3)-карбогидразидов. В результате скрининга отобрано соединение-лидер LCTA-3263, активность которого в отношении клеток MCF7 в 2 раза выше, чем у препарата сравнения доксорубина.

Продолжена работа по синтезу производных 3-((1H-индол-1-ил)метил)-4-(1H-индол-3-ил)-1H-пиррол-2,5-дионов. Изучена антипролиферативная активность на 4 линиях злокачественных клеток и цитотоксичность в отношении нормальных клеток (фибробластов) 15 новых химерных структур, сочетающих в себе фрагменты 3-((1H-индол-1-ил)метил)-4-(1H-индол-3-ил)-1H-пиррол-2,5-дионов и трииндолилметилиев. Проведено

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>сравнительное исследование биологических свойств алкалоида триптантрина и его водорастворимого производного мостотрина.</p> <p>Установлена предпочтительная для связывания оливомицина А последовательность GC нуклеотидов и показано, что селективность связывания обусловлена кинетикой взаимодействия антибиотика с ДНК. Синтезирована серия аддуктов [4+2] циклоприсоединения олигомицина А, а также серия его новых ацильных производных. Показано, что устойчивая к действию олигомицина А трижды негативная линия аденокарциномы молочной железы MDA-MB-231 чувствительна к действию его циклоаддуктов, а производные олигомицина с фрагментами дигидрохинона и бензилсукцинимидом в 2–3 раза более активны в отношении линии клеток карциномы легкого А-549, чем исходный антибиотик. Установлено, что сочетание олигомицина и его производных с ингибиторами гликолиза дает синергический эффект противоопухолевого действия.</p> <p style="text-align: center;">НИИНА</p>
91. Технологии комплексной диагностики злокачественных новообразований	<p>Продемонстрирована гетерогенность иммуно-воспалительных реакций при раке молочной железы, сопряженная с морфофункциональной гетерогенностью опухоли. У пациентов с гематогенным метастазированием сигнальные пути, направленные на регуляцию миграции опухолевых клеток, реорганизацию внеклеточного матрикса и клеточную подвижность, активированы в клетках микроокружения альвеолярных и трабекулярных структур. Активность локального микроокружения связана с регуляцией злокачественного роста, деления и миграции опухолевых клеток. Разработана комплексная эндоскопическая методика диагностики первичного процесса и оценки предоперационной химиолучевой терапии у больных раком гортани с учетом результатов видеоларингоскопии в белом свете и в режиме «узкого спектра», позволяющая улучшить визуализацию первичного процесса, увеличить точность определения истинных границ опухоли и адекватно оценить эффект проведенной терапии. Разработан метод прогнозирования риска малигнизации у больных полипами толстой кишки с учетом уровня тетраспанинов и тетраспанин-ассоциированных протеаз в экзосомах. Обосновано применение динамической и диффузионной МРТ для оценки эффективности лучевой терапии аденокарциномы пря-</p>

мой кишки. Выявлено достоверное увеличение уровня измеряемого коэффициента диффузии в опухолях после химиолучевого лечения. Установлено, что применение ОФЭКТ с ^{99m}Tc -МИБИ с расчетом индекса ретенции позволяет прогнозировать эффект предоперационного лечения больных раком гортани/гортаноглотки.

ТОМСКИЙ НИМИЦ

Результаты проведенного корреляционного анализа показателей онкологической заболеваемости населения территорий Республики Саха (Якутия), выделенные по принципу причастности их территорий к бассейнам крупных рек со среднегодовыми коэффициентами, характеризующими содержания основных загрязняющих веществ поверхностных вод, свидетельствует о том, что качественные показатели гидросферы вполне могут быть факторами, играющими определенную роль в процессе канцерогенеза, тем самым являясь одним из значимых причин ухудшения показателей онкологической ситуации в региональных условиях севера. Следовательно, для улучшения онкоэпидемиологической ситуации в региональных условиях Якутии следует обратить особое внимание на вопросы своевременного выявления причин, порождающих рост факторов риска, связанных с загрязнением окружающей среды, в том числе гидросферы.

Анализ цитологических образцов 100 женщин методом жидкостной цитологии, проводившихся в Республике Саха (Якутия), выявил преобладание в образцах NILM по сравнению с интраэпителиальными поражениями шейки матки. Среди интраэпителиальных поражений чаще встречались дисплазии низкой степени – LSIL. Положительные тесты на вирус папилломы человека (ВПЧ) наблюдались менее, чем в половине случаев у женщин, которым был проведен тест. Среди положительных тестов на ВПЧ в преобладающем количестве были тесты высокого онкогенного риска, наиболее часто отмечены ВПЧ 16 и 51 типа. Позитивность теста на ВПЧ высокого онкогенного риска у женщин с NILM и с интраэпителиальными поражениями (LSIL, HSIL, ASCUS) примерно равна. Позитивность теста на ВПЧ высокого онкогенного риска зависит от возраста – у женщин до 45 лет этот показатель выше, чем у женщин 46 лет и старше.

Анализ влияния курения на уровень онкомаркеров в сыворотке крови показал, что курение стимулирует экспрессию онкомаркеров в сыворотке крови курильщиков. Уровень онкомаркеров повышается с увеличением стажа курения. В организме курильщиков концентрация онкомаркеров повышается в молодом и среднем возрасте, нежели в пожилом. Снижение показателей онкомаркеров в пожилом возрасте, вероятно, возможно объяснить естественным преждевременным выбыванием курящих из популяции.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Смертность от рака шейки матки в период с 2007 по 2018 гг. в субъектах Российской Федерации, территориально расположенных в Сибири и населенных народами, имеющими близкий генетический портрет, тесно сопряжена с долей сельских населенных пунктов в национально-государственном образовании. Связь между смертностью от рака шейки матки и показателями общей численности и плотности населения, численностью городского и сельского населения и их соотношением, абсолютным количеством городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов, численностью сельского населения, приходящегося на одно сельское поселение, и численностью городского населения, приходящегося на одно городское поселение (включая количество городов и поселков городского типа), не достигла требуемой силы и статистической значимости.</p> <p>ЯНЦ КМП</p>
<p>92. Технологии комбинированного лечения злокачественных новообразо- ваний</p>	<p>На основании изучения гормональных особенностей у больных раком эндометрия I стадии с метаболическим синдромом разработана математическая модель дооперационного прогнозирования лимфогенного метастазирования, позволяющая персонализировать показания к лимфодиссекции у пациенток с промежуточным риском рецидива заболевания. Установлено, что высокозначимым признаком неблагоприятного исхода рака молочной железы является наличие опухолевых нестволовых клеток, экспрессирующих более двух белков стволовости, что служит новым маркером метастазирования.</p> <p>С использованием трикотажа из сверхэластичной металлокерамической проволоки на основе никелида титана разработан имплантат для укрепления маточно-влагалищного анатомоза и формирования запирающего аппарата матки после радикальной трахелэктомии у больных раком шейки матки, который обеспечивает устойчивость тканей к избыточной деформации, особенно во время вынашивания беременности. При диссемированном раке молочной железы, резистентном к стандартным доксорубицин- и таксансодержащим схемам лечения, персонализированное применение Эрибулина на основании результатов молекулярно-генетического тестирования позволило улучшить эффективность терапии, повысив на 21% контроль над заболеванием и увеличив время до прогрессирования на 15%.</p>

	<p>В группе пациентов с немелкоклеточным раком легких с высоким риском рецидивов изучена роль неоадьювантой химиотерапии. Показано, что в случае проведения лекарственного лечения частота рецидивов составляла 38%, а без него – 88%. Разработаны и усовершенствованы методики нейтронной и нейтронно-фотонной терапии злокачественных новообразований области головы и шеи, включающие оптимизация дозы быстрого планирования и применение крупного режима фракционирования дозы быстрых нейтронов, что способствует повышению эффективности лечения больных с опухолями слюнных желез, полости носа и околоносовых пазух. Разработан и внедрен в клиническую практику программный комплекс «OnkoSpeech», позволяющий применять персонализированный подход к речевой реабилитации больных раком полости рта и ротоглотки после органосохраняющих операций по показателям спектрального анализа нарушений звукопроизношения в зависимости от локализации опухолевого процесса и объема хирургического вмешательства.</p> <p style="text-align: center;">ТОМСКИЙ НИМЦ</p>
93. Детская онкология	<p>Научная новизна состоит в изучении герминальных и соматических генетических изменений, ассоциированных как с наследственными формами, так и со спорадическими случаями рака почки у пациентов российской популяции, определении вклада мутаций, возникших de novo, в развитие заболевания. На основании полученных данных представляется возможным разработать программу медико-генетического консультирования пациентов, протокол комплексной диагностики заболевания, уточнить стратегию хирургического и медикаментозного лечения. Полученные данные могут представлять интерес для врачей-генетиков при консультировании пациентов и семейном скрининге, хирургов при планировании вмешательства, а также для онкологов при выборе протокола таргетной терапии.</p> <p style="text-align: right;">РНЦХ имени академика Б.В. Петровского</p>
Новые технологии формирования здорового образа жизни, первичной профилактики, диагностики и лечения основных заболеваний человека	
94. Сердечно-сосудистые заболевания	<p>У пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) на 7–10-й день после коронарного шунтирования (КШ) и проведением короткого 5–7-м дневного курса аэробных физических тренировок в рамках программы физической реабилитации наблюдаются лучшие показатели когнитивных функций: меньшее количество ошибок в тестах психомоторных</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>и исполнительных функций, больше обработанных букв при выполнении теста Бурдона, а также запоминание большего количества цифр в тесте кратковременной памяти по сравнению с пациентами без тренировок. У пациентов без тренировок в 74% случаев развилась послеоперационная когнитивная дисфункция (ПОКД), тогда как в группе с физической реабилитацией – только у 44% пациентов.</p> <p>У пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца (ИБС) экспрессия адипоциткинов в локальных жировых депо сердца различается в зависимости от степени атеросклеротического поражения коронарных артерий. Умеренное поражение характеризуется наибольшим уровнем экспрессии адипонектина и минимальным уровнем мРНК лептина и интерлейкина-6 в адипоцитах эпикардиальной жировой ткани (ЭЖТ) и периваскулярной жировой ткани (ПВЖТ). Тяжелая степень поражения коронарных артерий ассоциирована с двукратным повышением уровня митохондриальной РНК (мРНК) лептина в адипоцитах эпикардиальной жировой ткани и интерлейкина-6 в ЭЖТ и ПВЖТ; крайне тяжелая – с увеличением экспрессии лептина в ПВЖТ и интерлейкина-6 в ЭЖТ и ПВЖТ. Показано, что наиболее значимыми предикторами тяжести/крайне тяжелого поражения коронарных артерий при ИБС являются: экспрессия адипонектина в ПВЖТ (ОШ=0,44, 95% ДИ 0,178-0,79, $p=0,031$) и возраст (ОШ=1,4, 95% ДИ 1,072-1,839, $p=0,014$).</p> <p style="text-align: center;">КПССС</p> <p>У пациентов с цереброваскулярными заболеваниями (ЦВЗ) сочетание с сахарным диабетом 2 типа (СД 2 типа) ведет к более выраженному атеросклеротическому поражению брахиоцефальных артерий, что сопровождается более значимыми проатерогенными изменениями липидного спектра крови, а также активацией тромбоцитарного звена гемостаза, угнетением фибринолиза, что способствует формированию протромботического потенциала крови.</p> <p style="text-align: center;">НЦН</p> <p>Впервые установлено, что триггерный механизм инфаркт-лимитирующего действия гипоксического preconditionирования включает активацию тирозинкиназы, ERK1/2-ки-</p>

назы, индуцибельной NO-синтазы и митохондриальных КАТФ-каналов. Медиаторный механизм раннего гипоксического preconditionирования реализуется за счет активации индуцибельного пула NO-синтазы и митохондриальных КАТФ-каналов. Соответственно, активация NO-синтазы или митохондриальных КАТФ-каналов может быть использована для защиты сердца от ишемических и реперфузионных повреждений.

На основании изучения фрагментов миокарда больных, умерших от инфаркта миокарда (ИМ) I типа, показана фенотипическая гетерогенность макрофагов в различных зонах миокарда (инфарктная, неинфарктная), фазовое изменение профиля экспрессии рецепторов макрофагов и их взаимосвязь с неблагоприятным прогнозом. При оценке экспрессии 21448 генов в миокарде зоны инфаркта и области, отдаленной от инфаркта, обнаружено статистически значимое различие по уровню экспрессии 72 генов. Иммуногистохимическое исследование атеросклеротических бляшек у больных, умерших от ИМ, продемонстрировало тенденцию к более выраженной инфильтрации CD68+, стаблин-1+ и CD163+ макрофагами атеросклеротических бляшек в инфаркт-связанных коронарных артериях и в воспалительную фазу ИМ.

Оценка макрофагальной инфильтрации в головном мозге пациентов, умерших от ИМ I типа, показала гетерогенность фенотипов глиальных макрофагов и прямую зависимость между выраженностью воспаления в неинфарктной зоне миокарда и воспалительной реакцией в головном мозге, что подтверждает наличие генерализованного воспалительного ответа при ИМ.

На модели стабильной ишемической болезни сердца (ИБС) показано, что относительное содержание неклассических CD14+CD16hi моноцитов прямо взаимосвязано с тяжестью коронарного атеросклероза у пациентов, в то время как относительное содержание CD14++CD16lo моноцитов обратно взаимосвязано с выраженностью и распространенностью коронарного атеросклероза. Экспрессия молекул CD163 на промежуточных и неклассических моноцитах повышена у пациентов со стенозом >70%, что может вносить вклад в развитие атеросклероза.

На клинической модели хронической ИБС показано, что коллатеральный коронарный кровоток характеризуется изменением направления, фазовой структуры, формы доплеровского спектра и более поздним началом заполнения по отношению к зубцу T на ЭКГ. Качественные и количественные характеристики коллатерального кровотока при хронических окклюзиях передней нисходящей и правой коронарных артерий зависят от локализации окклюзии, типа сформированных коллатералей (эпикардальные, интрамиокардиальные) и их протяженности, а также от состояния «донорской» артерии.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Установлено, что снижение активности субклинического асептического воспаления и ангиопротективное действие являются возможными факторами, обеспечивающими гипотензивный и органопротективный эффект ренальной денервации у больных сахарным диабетом 2 типа на фоне резистентной артериальной гипертензии.</p> <p>С целью изучения возможностей оценки контрактильности правого желудочка сердца плода выполнено расширенное фетальное эхокардиографическое исследование у 800 плодов, не имеющих структурных изменений сердца. Фракцию выброса правого желудочка более 40% имели 96% фетальных сердец. Соответственно величина 40% может быть принята за условный норматив контрактильности правого желудочка сердца плода. Использование TAPSE при фетальной эхокардиографии и у детей не оправдано в связи быстрым изменением вертикального размера правого желудочка в процессе роста.</p> <p>Впервые в мире разработано мобильное приложение под управлением ОС Android для медицинского калькулятора Echo Cardio Calculator Mobile, которое предназначено для прогнозирования вероятности развития патологий сердечно-сосудистой системы как у новорожденных, так и у взрослых лиц на основании анализа параметров ЭхоКГ популяционных данных 10000 исследований. Основной особенностью модели является высокая точность эхокардиографической количественной оценки в возрастном диапазоне от 1 дня до 65 лет. Использование приложения на мобильных устройствах позволит лечащему врачу анализировать параметры ЭхоКГ своих пациентов вне зависимости от своего местоположения. Разработанное приложение поддерживает два языка пользовательского интерфейса (русский и английский), что позволяет использовать его как на территории Российской Федерации, так и за рубежом.</p> <p style="text-align: center;">ТОМСКИЙ НИМЦ</p> <p>Установлено, что факторами, оказывающими влияние на 5-летнюю выживаемость пациентов после инфаркта миокарда и чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ), являются такие биомаркеры, как матриксная металлопротеиназа-9 (ММП-9), гомоцистеин и тромбоциты. В группе пациентов с сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса негативное влияние на прогноз оказали ММП-9 и тромбоциты. Выявлен</p>

пролонгированный воспалительный ответ в обеих группах пациентов, сохраняющийся в течение 5 лет. У большинства пациентов через 5 лет после ЧКВ по поводу острого инфаркта миокарда с подъемом сегмента ST определялось неоптимальное состояние имплантированных стентов за счет неатеросклероза, наличия мальпозиции и непокрытых коронарных стентов. Выявлена прямая корреляционная связь между процентом непокрытых и мальпозированных страт, а также протяженностью и максимальной дистанцией мальпозиции. Развитие неатеросклероза в имплантированных стентах ассоциировано с увеличением протяженности стентированного сегмента. При проведении прямого стентирования инфаркт-связанной коронарной артерии, в сравнении со стентированием после баллонной предилатации или мануальной тромбоаспирации, через 5 лет после ЧКВ состояние имплантированных стентов значимо не различалось.

Не выявлено различий выживаемости суперреспондеров в группах с различным сроком ответа на сердечную ресинхронизирующую терапию у пациентов с хронической сердечной недостаточностью. Поздний ответ сопровождался большей продолжительностью жизни, снижением активности фиброза, симпато-адреналовой, иммунной, нейро-гуморальной активации, большим обратным ремоделированием сердца.

Показаны ассоциации распространенности ишемической болезни сердца (ИБС) и некоторых факторов хронического социального стресса. У мужчин с наличием ИБС в течение последних 12 месяцев по отношению к группе сравнения чаще имел место стресс в семье. В открытой мужской популяции 25–64 лет у лиц с наличием ИБС по расширенным эпидемиологическим критериям и у лиц с «определенной» формой ИБС выявлено снижение высокой ответственности и нагрузки на рабочем месте, преимущественная оценка ответственности на работе, как незначительная, при наличии лишь «определенной» формы ИБС – рост негативного отношения к своей работе, при наличии «возможной» формы ИБС – снижение нагрузки и ответственности на рабочем месте (Тюменский кардиологический научный центр).

Филиал Томского НИМЦ

Показана роль кишечного микробиома как звена, опосредующего влияние длительности грудного вскармливания, характера родоразрешения на здоровье в долгосрочной перспективе. Показано, что подростки с короткой продолжительностью грудного вскармливания характеризуют нарушение представленности и соотношения основных филогенов *Bacteroidetes*, *Prevotella* и *Ruminococcus* в кишечном биоценозе; кишечные микробиомы

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>подростков, рожденных вагинально, имеют высокое сходство, а у подростков, рожденных оперативным путем, они индивидуальны и имеют большее число уникальных фило-типов. Доказана связь ожирения у подростков с уменьшением суммарной доли бифидо-бактерий и низкой представленностью <i>Bifidobacterium longum</i> в структуре микробиоты кишечника. Снижение числа представителей облигатной микробиоты, обладающих ан-тагонистической активностью, создает благоприятные условия для роста патобионтов.</p> <p>НЦПСЗрч</p> <p>Проведен поиск новых фармакологических мишеней антиатеросклеротической тера-пии и получены данные, достоверно указывающие на участие процессов десиалирования липонуклеопротеидов (ЛНП) в патогенезе атеросклероза. Разработан препарат для деси-алирования ЛНП in vivo – нейраминидаза, иммобилизованная на иммуноглобулине G.</p> <p>НИИ ОПП</p> <p>Впервые установлена роль C-реактивного белка (СРБ) как индикатора коморбидной отягощенности пациентов, обусловленной хроническим системным воспалением, нару-шениями метаболических процессов и системы гемостаза. У больных с повышенным со-держанием СРБ в сыворотке крови величины индексов полиморбидности значимо выше, чем у пациентов с нормальным уровнем СРБ; при повышении значений СРБ выявлено снижение в сыворотке крови концентрации холестерина липопротеидов высокой плотно-сти, увеличение индекса атерогенности, уровня мочевой кислоты, фибриногена и раство-римых фибрин-мономерных комплексов.</p> <p>Получены новые знания об этиопатогенетической роли основных гемодинамических и метаболических факторов риска хронических неинфекционных заболеваний (артери-альной гипертензии, ожирения, дислипидемии, гипергликемии, гиперурикемии) в фор-мировании полиморбидности у жителей Сибири и Севера. В структуре сочетанной па-тологии у больных с артериальной гипертензией наиболее часто встречались синтропии болезней органов кровообращения, патологии эндокринной и мочеполовой систем. В возрастной группе пациентов 16–39 лет значимо чаще встречалось коморбидное пора-</p>

жение органов костно-мышечной системы, а в возрастной группе 40-59 лет патология органов пищеварения.

ФИЦ ФТМ

За период с 2005 по 2018 гг. в Республике Саха (Якутия) отмечается снижение показателей смертности от болезней системы кровообращения (средний темп убыли -2,3%). Смертность среди мужского населения в 1,8 раза выше. Стандартизованные по возрасту коэффициенты смертности населения республики выше, чем в среднем по Российской Федерации.

Установлено, что у больных с коронарным атеросклерозом выявлена высокая частота метаболического синдрома по сравнению с лицами без клинических проявлений ИБС. У некоренного населения частота метаболического синдрома выше, связанная с большей распространенностью отдельных компонентов этого синдрома. Наиболее частыми фенотипами метаболического синдрома являются сочетание абдоминального ожирения с артериальной гипертензией и дислипидемией, также сочетание абдоминального ожирения с АГ, ДПП и НТГ/СД 2. Уровни маркеров воспаления выше у больных с коронарным атеросклерозом по сравнению с лицами без ИБС. У больных некоренной национальности имелось тяжелое многососудистое поражение коронарного русла, в отличие от коренных жителей, у которых преобладали одностосудистые поражения. Получены следующие ассоциации полиморфизмов: с АГ – ОНП rs619203 гена ROS1, rs4804611 гена ZNF627, rs2549513 (16q23.1) и rs1376251; с инфарктом миокарда – ОНП rs619203 гена ROS1, rs2549513 (16q23.1) и rs1376251 гена TAS2R50.

Больные ИБС в возрасте 60 лет и старше, проживающие в Якутии, независимо от этнической принадлежности характеризовались более высокой частотой встречаемости метаболических факторов риска в сравнении с геронтами без ИБС. У некоренных геронтов выявлены значимо более высокие показатели индекса массы тела, систолического и диастолического артериального давления, атерогенных фракций липидов. С возрастом было показано снижение атерогенных липидов крови и индекса массы тела. Значимое повышение атерогенных фракций липидов крови наблюдалось среди курящих. Распространенность МС в 1,5–2 раза выше у некоренных жителей. Анализ I/D полиморфизма гена ACE у больных ИБС старше 60 лет выявил, что среди мужчин значимо чаще встречались носители генотипа ACE D/D, у носителей генотипа ACE I/I чаще выявлялось ремоделирование миокарда по ЭЖГ-критериям Соколова-Лайона.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Выявлена высокая распространенность артериальной гипертензии и метаболического синдрома коренных малочисленных народов на севере Якутии. Наиболее высокая частота метаболического синдрома отмечалась у женщин. По результатам скринингового обследования среди коренной женской популяции абдоминальное ожирение явилось основным патогенетическим фактором, способствующим развитию цепи нарушений обмена веществ в данной популяции.</p> <p style="text-align: center;">ЯНЦ КМП</p>
<p>95. Болезни эндокринной системы и обмена веществ</p>	<p>Впервые показано, что топография распределения жировой ткани у мужчин зрелого возраста ассоциирована не только с метаболическими и гормонально-липидными характеристиками организма, но и с нарушениями пищевого поведения и депрессией. Для мужчин с абдоминальным типом распределения жира, наряду с гипергликемией, гипертриглицеридемией, гиперинсулинемией и инсулинорезистентностью, гиперлептинемией и гипoadипонектинемией, характерны экстернальный тип пищевого поведения, повышенный уровень депрессивных расстройств и недовольство образом собственного тела. Абдоминальный тип распределения жира также является самостоятельным фактором коморбидной отягощенности по сосудистой патологии вне зависимости от величины индекса массы тела. Для мужчин с подкожным типом распределения жира на фоне меньшей выраженности дислипидемии и гиперлептинемии более характерен эмоциональный тип пищевого поведения и удовлетворение образом собственного тела.</p> <p>У молодых мужчин в возрасте 20–29 лет выявлена высокая частота андрогенного дефицита (26,9%) и гормональных признаков гипогонадизма (6,4%), что является тревожным фактом, поскольку дефицит основного стероида тестостерона у молодых мужчин ассоциирован со снижением их репродуктивных возможностей. В дальнейшем выраженный рост этих показателей отмечен у пожилых мужчин (44,0 и 28,0% соответственно), у которых он ассоциирован с сердечнососудистыми заболеваниями, сахарным диабетом 2 типа, атеросклерозом, урологическими и другими заболеваниями. Формирующийся возрастной андрогенный дефицит связан со снижением андрогенной функции не только гонад, но и надпочечников; повышением уровня секс-стероид-связывающего</p>

	<p data-bbox="161 125 243 1127">глобулина; усилением метаболизма тестостерона в эстрадиол и сопровождается компенсаторным повышением синтеза лютеинизирующего гормона в гипофизе. ФИЦ ФТМ</p> <p data-bbox="278 125 570 1127">Проведенные исследования показали, что включение специализированного пищевого продукта, модифицированного по белковому, жировому и углеводному профилю, в низкокалорийную диету сопровождается снижением массы тела у больных с диабетической нефропатией (ДН) и сопутствующим ожирением преимущественно за счет жировой массы, сопоставимой с динамикой изменения массы тела у этого контингента больных при использовании низкобелковой диеты со сниженной калорийностью. Полученные результаты свидетельствует о повышении эффективности лечебного питания у больных с ДН и сопутствующим ожирением при включении в низкобелковую гипокалорийную диету СПП с модифицированным белковым, жировым и углеводным профилем в коррекции нарушений липидного обмена у этого контингента больных.</p> <p data-bbox="577 125 1043 1127">Проведена комплексная оценка показателей пищевого и метаболического статуса у больных СД 2 типа с использованием системы многоуровневой оценки нарушений пищевого статуса и риска развития алиментарно-зависимых заболеваний «Нутригест-ИП 3». У пациентов СД 2 типа с сопутствующим ожирением на фоне неудовлетворительной компенсации гликемического контроля выявлены нарушения липидного обмена, проявляющиеся в повышении содержания ХС ЛПНП и триглицеридов в сыворотке крови при незначительном снижении уровня ХС ЛПВП. Установлено, что применение комплексной сахароснижающей терапии способствует улучшению контролируемых показателей метаболического контроля у больных СД 2 типа. Результаты молекулярно-генетических исследований показали, что наиболее часто встречаемым генотипом полиморфизма rs7903146 гена TCF7L2 у обследованных больных СД 2 типа является генотип CC, полиморфизма rs12255372 гена TCF7L2 – генотип GG. Сформирована база данных клинико-лабораторных и молекулярно-генетических исследований для проведения оценки распределения генотипов и частоты встречаемости аллелей гена TCF7L2 с изучением их взаимосвязи с показателями пищевого статуса, гликемического и метаболического контроля у больных СД 2 типа.</p> <p data-bbox="1049 125 1136 1127">Наиболее значимыми целями для персонализации диетотерапии больных, перенесших ишемический инсульт, являются: снижение энергетического обмена более 20% от расчетной нормы, скорости окисления углеводов более 40% от нормы, повышение ско-</p>
--	---

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>рости окисления белка более 20% от нормы, наличие дислипидемии на фоне оптимальной дозы липидснижающих препаратов класса статинов. Персонализированный подход к диетотерапии, учитывающий метаболические особенности больных на этапе ранней реабилитации после ишемического инсульта, позволяют достичь более быстрой оптимизации показателей пищевого и неврологического статуса, заключающейся в более выраженном влиянии на показатели антропометрии и композиционного состава тела, протекции мышечной массы тела, оптимизации показателей липидограммы крови, снижении клинических проявлений сердечной недостаточности и восстановления неврологических функций. У больных с мультифокальных атеросклерозом, перенесших ишемический инсульт и получающих оптимальные дозы статинов, добавление к терапии растительных сапонинов позволяет добиться достоверного и устойчивого снижения ОХС, ЛПНП и ТГ за 90 суток терапии. Доказано позитивное влияние персонализированной диетотерапии на показатели периферического сосудистого сопротивления в виде снижения жесткости артерий, что может лежать в основе улучшения тканевой перфузии, способствовать процессам репарации нервной системы и более быстрой реабилитации после ОНМК. Персонализированная диетотерапия позволяет достичь более быстрой редукции неврологических нарушений и более выраженной реабилитации больных после ишемического инсульта в виде снижения тяжести инсульта по шкале NIHSS, зависимости больных по индексу Бартела и увеличения объема движений по шкале Ривермида.</p> <p>Для пациентов, перенесших бариатрическое вмешательство в виде рукавной резекции желудка, характерны следующие особенности метаболического статуса: более активное снижение мышечной массы в период редукции массы тела, увеличение скорости окисления углеводов и снижение скорости окисления жиров, снижение уровня концентрации в сыворотке крови ряда показателей витаминного и минерального статуса. На основании проведенных исследований разработан алгоритм обследования данной категории пациентов, позволяющий выявить основные нарушения пищевого и метаболического статуса. Применение модифицированных рационов питания позволяет скорректировать нарушения пищевого и метаболического статуса у пациентов после хирургического лечения ожирения. Разработана система коррекции алиментарных нарушений у данной категории</p>

	<p>пациентов на основе комплексной оценки пищевого и метаболического статуса и определены подходы к диетотерапии данной категории больных.</p> <p>Проведена оценка данных пациентов с СД 2 типа, закончивших обследование в 2020 году. Повышение общего холестерина выше 4,5 ммоль/л было выявлено у большинства пациентов (70,27%), также выявлено повышение уровня липопротеидов низкой плотности, уровня АПО В и лпропротеина (а), снижение уровня липопротеидов высокой плотности и уровня АПО А1. Признаки стеатоза печени были выявлены у 59,46% пациентов с СД 2 типа, стеатоза поджелудочной железы у 91,89%. При сравнении результатов компьютерной томографии и ультразвукового обследования поджелудочной железы частота выявления стеатоза поджелудочной железы были сопоставимы (72,3% и 91,89% соответственно). При проведении анализа полученных данных выявлено достоверное, статистически значимое снижение массы, ИМТ, жировой массы, висцерального жира. На фоне ограничения энергопотребления наблюдалось статистически значимое снижение уровня общего холестерина; среди показателей углеводного обмена наблюдалось статистически значимое снижение уровня глюкозы, лептина и индекса НОМА. Плотность печени (по данным КТ) отрицательно коррелировала со степенью стеатоза печени по данным УЗИ (R -0,557; $p<0,05$), массой тела (R -0,449; $p<0,05$) и уровнем висцерального жира (по данным биоимпедансометрии) (R -0,404; $p<0,05$), уровнем микроальбуминурии (R -0,338; $p<0,05$), уровнем ГГТ (R -0,414; $p<0,05$), С-пептида (R -0,452; $p<0,05$), СРБ (R -0,420; $p<0,05$), массой и объемом висцерального жира по данным денситометрии (R -0,624; $p<0,05$). Плотность поджелудочной железы по данным КТ отрицательно коррелировала с уровнем висцерального жира (по данным биоимпедансометрии) (R -0,337; $p<0,05$), СРБ (R -0,37; $p<0,05$), массой и объемом висцерального жира по данным денситометрии (R -0,438; $p<0,05$).</p> <p>ФИЦ питания и биотехнологии</p>
97. Болезни нервной системы	<p>Впервые на выборке российских пациентов проанализированы специфичные паттерны атрофии головного мозга по данным МРТ при различных формах лобовисочной деменции.</p> <p>Показаны информативность метода МРТ головного мозга высокого разрешения в режиме SWI (нейровизуализация нитросомы-1) в дифференциальной диагностике БП, атрофического паркинсонизма и эссенциального тремора, а также диагностическая значимость у этой категории пациентов режима нейромеланин-чувствительной МРТ.</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Охарактеризованы клинические особенности энцефаломиелитов, ассоциированных с антителами к миелин-олигодендроцитарному гликопротеину; в качестве наиболее часто встречающегося клинического фенотипа выделена оптикостинальная симптоматика.</p> <p>Были определены видеоокулографические показатели, достоверно отличающиеся в группе пациентов с идиопатической БП и прогрессирующим надъядерным параличом: увеличенное количество квадратных осцилляций глаз, снижение скорости саккад. Полученные данные по наиболее распространенным изменениям видеоокулографических показателей у пациентов с различными формами нейродегенеративных заболеваний позволяют оптимизировать соответствующие диагностические алгоритмы.</p> <p>У пациентов с боковым амиотрофическим склерозом при нейрофизиологической оценке двигательной системы с помощью технологии MUNIX отмечено снижение количества двигательных единиц в «индикаторных» мышцах руки.</p> <p>Показано, что на преклинической стадии болезни Гентингтона наблюдается снижение спектральной мощности ЭЭГ на границе тета- и альфа-диапазонов, что имеет прогностическую значимость для оценки времени дебюта заболевания.</p> <p style="text-align: center;">НЦН</p>
98. Психические заболевания	<p>С целью разработки методов ранней диагностики, прогноза течения и профилактики деменции Альцгеймеровского типа были разработаны персонифицированные терапевтические подходы к лечению наиболее социально значимых форм психической патологии позднего возраста (депрессии и психозов позднего возраста). Результаты предварительного анализа данных клинического и иммунобиохимического обследования больных, включенных в когарту проспективного исследования, подтвердили наличие у пациентов с мягким когнитивным снижением (МКС) статистически значимого снижения когнитивных функций по сравнению с группой контроля. Подтверждено участие нейровосстановления в патогенезе мягкого когнитивного снижения, предположительно альцгеймеровского типа. Анализ результатов исследования эффективности и безопасности повторных курсов метаболической терапии цитиколином и нейротрофической терапии церебралином можно рассматривать в качестве возможной модели превентивной терапии, направленной</p>

ной на предупреждение прогрессирования когнитивного дефицита и развития деменции у лиц с высоким риском по болезни Альцгеймера. Определение ряда иммунологических показателей (ЛЭ – лейкоцитарная эластаза и α 1-ПИ α 1-протеазный ингибитор) может быть предложено в качестве объективных критериев оценки прогноза течения позднего возрастных депрессий и психозов и требует применения дифференцированных подходов к их терапии.

Разработаны композитные баллы, позволяющие операционализировать демографические, анамnestические и клинико-катамnestические данные больных, страдающих приступообразной формой течения шизофрении, разработаны обобщенные критерии терапевтического ответа, не требующие использования психометрических инструментов, получены новые данные о влиянии некоторых анамnestических и клинико-катамnestических признаков на антипсихотическую нагрузку и характер терапевтического ответа у пациентов с приступной формой течения шизофрении. Выявлены характерные особенности принятия решений основанных на эмоциональном опыте при суицидальном риске в сравнении с пациентами, страдающими психическими заболеваниями без суицидального риска, и представителями нормативной популяции. Разработаны качественные критерии, позволяющие дифференцировать тексты людей, страдающих психическими заболеваниями, от текстов здоровых испытуемых. Проведены адаптация и апробация русскоязычных версий: «моральных дилемм», разработанных Green, теста имплицитных предпочтений (IAT), созданы компьютерные версии методик: «моральные дилеммы».

Установлена многофакторная природа динамики подростковых депрессий, их зависимость от личностной и средовой ситуации. Выявлены предпосылки ранней манифестации депрессий: резкие гормональные сдвиги, избыточная масса тела, негативный социальный контекст, нарушения циркадианных ритмов. Определены спектр и неоднородность психопатологических расстройств, ошибочно квалифицированных как острые психотические состояния; определена роль микросоциальной среды в возникновении суицидального поведения и персистировании психопатетативных расстройств. Получены данные о росте показателей ранней инвалидности у детей с психической патологией, изменениях ее структуры. Обоснована значимость мультидисциплинарного подхода в общепедиатрической практике.

Получены новые данные о течении психических расстройств юношеского возраста с симптомами высокого риска. С позиции мультидисциплинарного подхода продолжилось изучение отдаленного катамнеза группы больных шизофренией и больных аффек-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>тивными расстройствами, получены новые результаты по сравнительному анализу при шизофрении, манифестирующей в различные возрастные периоды, показано, что уровень активации иммунной системы отражает активность и тяжесть патологического процесса в головном мозге, при этом воспалительные аутоиммунные реакции вовлечены в патогенез всех изученных в настоящей работе форм эндогенных психозов. Полученные результаты подчеркивают важную роль дефицита нейробиологических показателей, которые высоко информативны и дифференцированы, а также связаны с синдромальной структурой приступов/фаз и тяжестью заболевания, которые определяются несколькими патофизиологическими механизмами.</p> <p>Получены новые данные о клинко-психопатологических и клинко-катамнестических проявлениях бредовых расстройств религиозного содержания в структуре эндогенного приступообразного психоза, начавшегося как в юношеском, так и в зрелом возрасте.</p> <p>Изучено состояние параметров терапевтического лекарственного мониторинга у пациентов с эндогенными психическими расстройствами, что позволило более адресно и четко формировать наиболее эффективные алгоритмы терапии. Научное исследование выполнялось как комплексное, основанное на впервые разработанных клинко-психопатологических, клинко-патофизиологических и клинко-биологических подходах к изучению систематики эндогенных расстройств. В таком объеме и с подобными методическими подходами исследования ранее не проводились.</p> <p>Для верификации клинческих и некоторых биологических параметров шизофрении и истерошизофрении продолжено формирование выборки больных расстройствами шизофренического спектра. Разработана типология астенических расстройств на модели ипохондрической шизофрении с учетом клинической динамики, прогностической ценности, лекарственной резистентности и вклада в дезадаптацию пациентов. Выделен сложный симптомокомплекс – истеро-обсессивный синдром, формирующийся с участием позитивной (обсессивно-компульсивной, конверсионной, диссоциативной) и негативной симптоматики.</p> <p>Проведенный за отчетный период системный анализ показал, что катагонические расстройства и другие психомоторные нарушения при РАС, ДШ, ШР, АР в детском и</p>

подростков возрасте имеют разную нозологическую предпочтительность. Кататонические расстройства преобладают у больных при детской шизофрении (ДШ) и атипичном аутизме (АА). Трансформация кататонии на протяжении болезни (истеро-кататонические, «мягкая» кататония) и иные формы психомоторных нарушений прослеживаются преимущественно при РАС и шизотипическом расстройстве (ШР) в детстве. Навязчивые движения, ритуалы отмечаются в ремиссии при приступообразно-прогредиентном течении ДШ, шизотипическом расстройстве и при детском аутизме (ДА). Двигательные стереотипии сохраняются на протяжении жизни при ДШ, АА. Гиперкинетические расстройства с дефицитом внимания имеют место в ремиссии при ДА. Полученные с клинико-биологических позиций данные позволили разработать инновационные подходы к ранней диагностике, дифференциации, персонализированной терапии.

На уровне популяции с высоким уровнем надежности разработаны регрессионные модели оценки влияния социально-экономических и медико-демографических факторов на динамику показателей психического здоровья населения России в период 1995-2019 гг. и модели оценки объема психиатрической помощи взрослому и детскому населению России в период 1995–2018 гг. Выделены наиболее значимые факторы, среди которых численность населения, продолжительность жизни, миграция, кадровая обеспеченность службы психического здоровья и др. На уровне медицинской организации разработаны алгоритмы решения проблемы взаимодействия специалистов полипрофессиональных бригад с использованием метода анализа иерархий. Результаты клинико-психологического и нейроиммунологического исследования больных шизофренией показали эффективность долгосрочной комплексной реабилитационной программы в условиях некоммерческой организации для стабильности клинической ремиссии, улучшения социального функционирования, качества жизни пациентов, несмотря на активную текущий патологический процесс в мозге по сравнению с краткосрочными программами реабилитации в других изученных формах помощи.

НЦПЗ

Состояние иммунитета при расстройствах адаптации демонстрирует нарушения компонентов клеточного адаптивного иммунитета в группе пациентов с преобладанием в клинической картине астенического синдрома; у пациентов с ведущим тревожно-депрессивным синдромом установлена высокая активность альфа-1-протеиназного ингибитора, усиление корреляционных межсистемных ассоциаций с вовлечением данного острофазного белка в интеграцию адаптивного и врожденного иммунитета.

<p>Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Выявлена прямая корреляционная связь между показателями по субъективной шкале оценки астении MFI-20 и по шкале субъективного благополучия в группе женщин с психическими расстройствами в возрасте 40–65 лет: чем сильнее выражена астения, тем ниже субъективное благополучие пациентки. Наиболее высокие суммарные показатели астении наблюдались у пациентов с ведущими депрессивным, тревожно-депрессивным и тревожно-фобическим синдромами.</p> <p>Исследование пациентов с биполярным аффективным расстройством (БАР) в сравнении с группой здоровых лиц выявило статистически значимое повышение кадгерина-5 в сыворотке крови пациентов с БАР, а также продемонстрировало взаимосвязь концентрации кадгерина-5 с выраженностью атипичных депрессивных симптомов по шкале SIGN-SAD. Продемонстрирована более выраженная эндотелиальная дисфункция у пациентов с БАР, чем у здоровых лиц. Содержание фактора свертывания крови XIII у больных БАР статистически значимо не отличается от соответствующих показателей у здоровых лиц. Обнаружена статистически значимая отрицательная корреляционная взаимосвязь между показателем по шкале CGI-S и содержанием фактора свертывания XIII в сыворотке крови больных БАР. Эти данные могут иметь предикторное значение высокой вероятности проявления нарушений в системе гемостаза у больных с более тяжелым течением аффективного расстройства, что необходимо учитывать при выборе антидепрессивной и нормотимической терапии.</p> <p>При исследовании распространенности несуицидальных самоповреждений выявлено, что 38,7% молодых людей призывного возраста раз в жизни и более совершали самоповреждения. Установлена связь самоповреждающего поведения с низким уровнем образования, курением, употреблением алкоголя и наркотиков. Маркерами онлайн-активности для несуицидального самоповреждающего поведения лиц призывного возраста являются наличие агрессивного контента на стене социальной сети и фотографии/изображения агрессивного содержания. В формировании суицидальности среди лиц молодого возраста выделены три основных варианта (стенный, гипостеничный и связанный с тягостным одиночеством), проявляющиеся как на уровне характерологических черт, так и на уровне симптоматики, наблюдаемой в клинической картине, что следует учитывать при персонализации психотерапевтических вмешательств.</p>

	<p>Давность алкогольной зависимости и связанное с этим количество госпитализаций приводит к нарушению когнитивного функционирования в виде снижения объема произвольной рабочей памяти и когнитивной гибкости. При исследовании факторов окислительного стресса у больных алкоголизмом обнаружено нарастание продуктов окислительной модификации биомолекул с увеличением длительности заболевания. Периферические показатели окислительного стресса у пациентов с большим сроком заболевания более чувствительны к проводимой антиалкогольной терапии. Состояние системы иммунитета больных алкогольной зависимостью в динамике терапии абстинентного синдрома и постабстинентного состояния характеризуется повышением общего пула периферических Т-лимфоцитов CD3+CD19—фенотипа, дофаминаспецифических лимфоцитов, концентрации сывороточного IgG; снижением NK-клеток CD3-CD16+CD56+ - фенотипа.</p> <p>Инновационный препарат галодиф – производное линейной мочевины, имеет потенциально альтернативный механизм действия. Галодиф модулирует ГАМКАР посредством конформационных изменений рецептора, повышая средство ГАМКАР к позитивным аллостерическим эндогенным модуляторам (ГАМК, нейроактивные стероиды и их метаболиты), и стимулирует ГАМКергическую нейротрансмиссию в мозге. Таким образом, галодиф восстанавливает нейромедиаторную и метаболическую активность в мозге при различных патологических состояниях.</p> <p style="text-align: center;">ТОМСКИЙ НИИЦ</p>
<p>99. Ревматические заболевания</p>	<p>Получены данные, позволяющие предположить важную роль фетуина-А (ФА) в прогрессировании ревматоидного артрита (РА). Низкий уровень ФА в сыворотке крови (менее 653,55 мкг/мл) сопровождается более высокой степенью активности заболевания, позитивностью по АЦЦП, большими рентгенологической стадией и функциональным классом, высокой частотой осложнений. Предложен способ выявления пациентов с осложненным РА путем определения сывороточного уровня ФА. Уровень ФА менее 770,0 мкг/мл с 95% вероятностью указывает на осложненное течение заболевания. Повышение качества диагностики с использованием данного маркера позволит своевременно скорректировать базисную терапию, что будет способствовать улучшению качества жизни пациентов, снижению риска осложнений и процента инвалидизации при РА. Также на основе определения уровня ФА в сыворотке крови предложен способ диагностики тяжелого остеопороза (ОП) при РА. При уровне ФА 653,55 мкг/мл и ниже прогнозируют более высокий риск развития ОП и остеопоротических переломов. В этом случае пациенту ре-</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>комендуется углубленное исследование на наличие ОП и при необходимости назначение более ранней и агрессивной медикаментозной терапия ОП с целью предотвращения прогрессирования заболевания и профилактики развития осложнений.</p> <p>С использованием разработанных иммобилизованных гранулированных препаратов с магнитными свойствами на основе эластина и эласты в качестве антигенной матрицы, примененных в усовершенствованном методе иммуноферментного анализа, получены результаты, подтверждающие наличие зависимости уровня данных антител в сыворотке крови от формы системной склеродермии (ССД). Распространенность антител к эластину при лимитированной форме несколько выше, чем при диффузной, в то время как распространенность антител к эластазе не различалась в зависимости от формы ССД. Наличие сывороточных антител к эластину ассоциировалось, главным образом, с артритом, теносиновитом, а также признаками пневмосклероза. Помимо более высокой частоты обнаружения антител в данных подгруппах больных ССД, концентрация антител у таких пациентов также была достоверно выше. Единственным клиническим проявлением ССД, ассоциированным с повышенной частотой обнаружения антител к эластазе и более высокой их концентрацией, было поражение сердца.</p> <p>Проведенная апробация метода персонализированной реабилитации (на основе разработанного комплекса реабилитационных технологий) позволила выделить основные клинико-функциональные и социально-адаптивные детерминанты эффективности его использования у пациентов с различными клиническими проявлениями РА (патология сердечно-сосудистой системы, ОП), а также наметила перспективы его использования в группах больных РА с метаболическим синдромом и кардио-ренальными нарушениями.</p> <p>Проведенная оценка взаимосвязи сывороточных концентратий ангиопоттинодобных белков 3 и 4 типов (АППБ 3 и 4) с развитием почечной дисфункции у больных РА на фоне метаболических изменений выявила отрицательные корреляции между показателями расчетной скорости клубочковой фильтрации (рСКФ) по формуле СКД-ЕР1 2009 года и уровнем АППБ3 и АППБ4. Установлено, что на содержание АППБ4 у больных РА непосредственное влияние оказывают два фактора – почечная дисфункция и наличие метаболического синдрома, что позволяет рассматривать АППБ 4 типа в роли ключево-</p>

го фактора, связывающего развитие почечной дисфункции и метаболические изменения, вызванные ревматоидным воспалением.

Установлена связь депрессивных расстройств, провоцируемых длительным психологическим стрессом, с уровнем провоспалительных цитокинов. У больных РА с тяжелой депрессией уровень IL-6 достоверно превосходил показатели больных РА без депрессивных расстройств, а показатели IL-1 β достоверно нарастали с прогрессированием депрессии. Воспаление может быть новой мишенью для разработки методов лечения депрессии при РА.

Показано опосредованное участие витамина D в воспалительных процессах в суставах и в центральной сенсibilизации, провоцирующие хроническую боль и психологические расстройства при РА. Восстановление нормального уровня витамина D в сыворотке крови способно оказать положительное влияние на уменьшение выраженности депрессии и усталости у больных РА.

При изучении проблемы усталости, являющейся одним из наиболее часто встречающихся симптомов РА, и оценке эффективности аэробных упражнений для снижения усталости (по BRAF-NRS) при РА в условиях санаторно-курортного лечения было отмечено положительное влияние стандартной трехнедельной программы реабилитации на аспекты усталости NRS-степень тяжести и NRS-эффект, а также на функциональное состояние пациентов. Физические аэробные упражнения имеют большой потенциал в плане лечения усталости при РА.

Рассмотрены психологические особенности феномена агрессивности у больных РА. Индекс агрессивности ниже нормы отмечен у 58% больных РА, в 40% случаев выявлен средний уровень агрессивности, в 2% – высокий уровень агрессивности. У больных РА в структуре агрессивности достоверно преобладали показатели аутоагрессии, что необходимо учитывать при составлении комплексных лечебно-реабилитационных программ.

Получен патент на изобретение «Способ выделения нейтрофильных гранулоцитов из крови с использованием двухступенчатого градиента плотности йогексола» № 2739324, дата регистрации 22.12.2020 г. Способ обеспечивает выделение высокоочищенной нейтрофил-содержащей клеточной фракции при сохранении достаточной доли жизнеспособных нейтрофилов и предотвращении их активации. Производство градиентов для работы с клетками на основе йогексола до настоящего времени в РФ отсутствовало.

Получен патент на изобретение «Способ получения препарата для удаления ревматоидного фактора из крови больных ревматоидным артритом» № 2739352, дата регистрации 23.12.2020 г. Способ предусматривает пропускание крови через сорбент (полиакрила-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>мидные железосодержащие гранулы, в которых в результате эмульсионной полимеризации иммобилизован Fc-фрагмент иммуноглобулина G, полученный при папаиновом гидролизе и очистке нативного человеческого иммуноглобулина G) ФГБНУ «НИИ КиЭР им. А. Б. Зборовского»</p> <p>Изучение нарушений клеточного и гуморального звена иммунной системы в патогенезе ревматоидного артрита путем оценки широкого спектра молекулярных (острофазовых показателей, уровня аутоантител, маркеров деструкции костной и хрящевой ткани, показателей цитокинового профиля) и клеточных (CD3+, CD3+CD4+, CD3+CD8+, CD3+CD16+CD56+, CD19+, FOXP3+ T-лимфоцитов) биомаркеров выявило снижение уровня и функциональной активности FOXP3+ регуляторных Т-лимфоцитов, которое свидетельствует о существенном вкладе данной клеточной субпопуляции в патогенез заболевания и создает предпосылки для разработки новых методов терапии. Исследование показателей цитокинового профиля (уровень провоспалительных (ИЛ-1, ИЛ-2, ИЛ-6, ИЛ-12, ИЛ-15, ИЛ-17, IFN-γ, ФНО-α) и противовоспалительных цитокинов (ИЛ-4, ИЛ-5, ИЛ-9, ИЛ-10, ИЛ-13, ИЛ-1Рα, Еотаксин), хемокинов (MIP-1, MIP-β, IP-10, ИЛ-8, MCP-1) и факторов роста (ИЛ-7, G-CSF, GM-CSF, FGF-bas, VEGF) показало, что измерение сывороточной концентрации провоспалительных цитокинов (ИЛ-6), хемокинов (IP-10), факторов роста (VEGF) позволяет более точно оценить клиническую активность ревматоидного артрита и выраженность воспаления в суставах по данным энергетического доплеровского картирования. Установлено, что матриксная металлопротеиназа-3 является перспективным маркером оценки активности заболевания, прогнозирования эффективности терапии, оценки возможности отмены генно-инженерных биологических препаратов при достижении ремиссии ревматоидного артрита.</p> <p>Разработан алгоритм персонализированной анти-В-клеточной терапии при наиболее перспективно неблагоприятных вариантах системных васкулитов, ассоциированных с антинейтрофильными цитоплазматическими антителами (АНЦА-СВ): устойчивая ремиссия отмечалась у 92% пациентов при удовлетворительном профиле безопасности лечения. Частота рецидивов заболевания составила 8%, при этом установлено, что реци-</p>

дивы с поражением легких возможны у пациентов с гранулематозным полиангиитом на фоне полной деpleции CD19+ В-клеток (0%) в циркуляции. У пациентов, перенесших позднюю отсроченную нейтропению, связанную с анти-В-клеточной терапией, отмечена наибольшая продолжительность периода полной деpleции CD19+ В-клеток и отсутствие обострения болезни, что указывает на значение содержания нейтрофилов и их функции в развитии рецидива АНЦА-СВ. Полученные данные свидетельствуют в пользу возможного протективного значения анти-В-клеточной терапии в отношении развития тяжелого течения COVID-19.

Впервые в отечественной практике на основании десятилетнего наблюдения большой когорты больных с различными ревматическими заболеваниями и панникулитами разработан алгоритм ранней и дифференциальной диагностики, позволяющий в 99% случаев классифицировать нозологический вариант панникулита. Установлена вариабельность клинических проявлений панникулита при ревматических заболеваниях, определяющаяся специфичностью уровней лептина, ФНО- α и генотипированием полиморфизма (LPR19A/G) гена LEP, (-174) G/C гена IL1-6 и (VNTR) гена IL1-IRA, при этом последние могут рассматриваться как перспективное дифференциально-диагностическое направление в изучении патогенеза заболеваний. Определены клинические варианты заболеваний в зависимости от морфологических патологических изменений, обусловленных васкулитом, в септах или долях подкожно-жировой клетчатки. Впервые в мире разработана шкала активности панникулитов, позволяющая применять дифференцированный подход к назначению терапии и оценке ее эффективности. Предложенная методика является инновационным инструментом современной концепции Treat to target (обеспечение преемственности и контроля терапии, поддержание устойчивой ремиссии, снижение риска развития неблагоприятных реакций и др.).

Наблюдение семей с редкими моногенными аутовоспалительными заболеваниями (AB3) позволило выявить среди них генетические мутации в гене NLRP3 в гетерозиготном состоянии T348M, R262W, A439V, V200M, Pro294Ser, установить особенности течения заболеваний у лиц разного возраста и разработать алгоритм действий врача при подозрении на криопирин-ассоциированные периодические синдромы (CAPS). В отличие от детей у взрослых с CAPS чаще определялись суставные и глазные проявления, тугоухость, стоматиты, у них была более поздняя диагностика заболевания. Получены доказательства эффективности лечения AB3 ингибиторами интерлейкина-1 как у детей, так и взрослых при хорошей переносимости терапии.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Изучение экспрессии генов в крови больных остеоартритом перед эндопротезированием коленных суставов с целью прогнозирования возникновения боли после хирургического лечения показало, что высокая экспрессия гена катепсина S, гена катепсина K и низкая экспрессия гена тканевого ингибитора металлопротеиназы 1 могут указывать на возможное сохранение боли после операции, а при низкой экспрессии гена каспазы 3 и гена матричной металлопротеиназы 9 риск развития боли после эндопротезирования значительно ниже. Экспрессия генов, ассоциированных с центральной сенситизацией, таких как ген фактора некроза опухоли α, ген интерлейкина 1β, гены циклооксигеназы 2 и трансформирующего фактора роста β1, для прогноза возникновения боли в области протезированного сустава оказались малоинформативны.</p> <p>Установлено, что измерение концентрации полиглутаматов метотрексата методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием позволяет прогнозировать эффективность терапии метотрексатом у больных РА. При этом, определение 7-гидроксиметотрексата (7-OH-MT) через 4 и 12 недель от начала терапии имеет предсказательную ценность в отношении лечебного эффекта метотрексата через 12 и 24 недели, а значение 7-OH-MT, равное 4 нмоль/л, прогнозирует хороший ответ на лечение. Показано, что концентрация активных метаболитов метотрексата в эритроцитах и мононуклеарах не влияет на частоту и тяжесть нежелательных реакций.</p> <p>Анализ причин тромбозов у пациентов с системной красной волчанкой без антифосфолипидного синдрома позволил выявить факторы, негативно влияющие на прогноз развития сосудистых окклюзий, а именно: полиморфизм генов гемостаза, наличие пороков клапанов сердца, мужской пол, начало заболевания после 40 лет, уровень IgG антител к кардиолипину выше 25 GPL.</p> <p>Впервые в нашей стране оценено течение и исходы беременности у больных анкилозирующим спондилоартритом и показано, что активность заболевания не влияет на неонатальные исходы. Предикторами активности болезни на всем протяжении гестации являются отсутствие планирования беременности, значение индекса BASDAI, уровень боли в спине на момент зачатия и в первом триместре беременности, отмена генно-инженерных биологических препаратов в первом триместре беременности.</p> <p>НИИР им. В.А. Насоновой</p>

<p>100. Туберкулез, гранулематозные и другие заболевания легких</p>	<p>Установлено, что созревание Т-лимфоцитов и их активация зависит от взаимодействия Т-рецепторов (TCR) с разнообразными антигенными пептидами в контексте конкретных аллелей MHC. До сих пор оставалось неясным, каким образом разнообразие этих аллелей регулирует репертуар TCR при селекции в тимусе не-иммунных Т-лимфоцитов. В ФГБНУ «ЦНИИТ» были выведены две линии мышей, отличающихся только по аллелям гена H2-A (MHC-II), а затем совместно с несколькими лабораториями проанализирован состав и репертуар TCR не-иммунных Т-клеток CD4+ в двух клеточных популяциях – эффекторных клеток (Tconv) и регуляторных клеток (Treg). По сравнению с резистентными к туберкулезу мышами H2-Ab у чувствительных к туберкулезу мышей H2-AJ в тимусе обнаружился дефицит клеток обеих популяций CD4+. На периферии происходило восстановление численности Treg, но не Tconv. Показано, что в контексте H2-AJ отбирается менее разнообразный репертуар TCR и охарактеризованы силы взаимодействия между антигенными пептидами и молекулами MHC-II с вариабельными участками TCR в контексте разных аллелей гена H2-A. Полученные данные раскрывают механизм и количественные характеристики того, как молекулы MHC-II регулируют первичное разнообразие рецепторов Т-лимфоцитов CD4+, которое принципиально важно для развития последующего адаптивного ответа на собственные и чужеродные антигены при аутоиммунных и инфекционных заболеваниях.</p> <p>В качестве потенциальных противотуберкулезных препаратов проведена проверка 100 новых компонентов на основе индола, в том числе 3-триазениндолов, синтезированных в ИНЭОС РАН. Тестирование велось методами обычного и тонкого титрования в отношении лабораторного вирусного штамма <i>M. tuberculosis</i> H37Rv и клинического изониазид-резистентного штамма CN-40. Среди 100 соединений для дальнейших исследований были отобраны пять 3-триазениндолов, имеющих более высокую активность, чем все ранее проверенные производные индолов. Дополнительные исследования показали, что химическое присоединение к атому азота 2 в 3-триазениндоловой структуре коротких липидных цепочек дополнительно усиливало подавление роста микобактерий в зараженных макрофагах мыши. Кроме того, мы показали, что ранее охарактеризованное соединение T112, обладающее высокой активностью, но плохой биодоступностью после введения мышам <i>per os</i>, проявляет заметную активность против микобактерий при внутривенном или аэрозольном введении.</p> <p>Установлено, что при химиотерапии инфицированных <i>M. tuberculosis</i> мышей рифампицином (90 дней) экспрессия генов множественной лекарственной устойчивости (MLU)</p>
---	---

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>клеток легкого Mdr1a, Mdr1 и Lgr1 выше в 6, 7,5 и 15 раз соответственно по сравнению с их экспрессией при лечении изониазидом. Предварительное длительное (в течение 6 мес.) содержание мышей на воде с добавлением рифампицина индуцирует устойчивость к этому препарату инфицированных животных, лечение которых становится менее эффективным, чем изониазидом. Первые в экспериментах <i>in vivo</i> показана возможность формирования МЛУ клеток легкого к некоторым противотуберкулезным препаратам, в частности, рифампицину. Полученный результат будет способствовать повышению эффективности противотуберкулезной терапии.</p> <p>Изучена модель воспалительных макрофагов человека, полученных на 3–7 сутки дифференцировки культуры THP1. Установлено, что введение рифампицина в среду культивирования макрофагов повышает на 7-е сутки уровень экспрессии референсного гена MDR1 в 1,7 раза. Первые в экспериментах <i>in vitro</i> показана возможность формирования множественной лекарственной устойчивости макрофагов человека к рифампицину. Полученный результат будет способствовать повышению эффективности противотуберкулезной терапии.</p> <p>Определены наиболее эффективные <i>in vitro</i> препараты в отношении различных клинически значимых видов нетуберкулезных микобактерий (НТМБ), изучены последовательности генома НТМБ в регионах, отвечающих за возникновение лекарственной устойчивости и выявление связи мутаций с ее фенотипическим проявлением. Показано, что каждый вид НТМБ имеет видоспецифичный профиль резистентности: штаммы <i>Mycobacterium avium</i> complex (MAC комплекс) и <i>M.abscessus</i> – устойчивы к большинству протестированных препаратов; <i>M.kansasii</i> и <i>M.xenopi</i> – чувствительны к большинству препаратов панели. Исследование фенотипической лекарственной чувствительности к линезолиду наиболее распространённых клинически-значимых штаммов НТМБ показало, что чувствительность к линезолиду варьировала в зависимости от вида микобактерии. Установлено, что существуют виды с оппортунистической устойчивостью к линезолиду (MAC комплекс и <i>M.kansasii</i>). Биоинформатический анализ с использованием международных баз геномных последовательностей позволил определить структуру праймеров для секвенирования V-домена гена <i>gtI</i>, кодирующего 23S субъединицу рРНК для определения мутаций, ответственных</p>

	<p>за возникновение фенотипической лекарственной устойчивости штаммов <i>M.tuberculosis</i> к линезолиду. При анализе последовательности гтг штаммов МБТ, устойчивых к линезолиду, было выявлено 4 варианта однонуклеотидных полиморфизмов в районе 2032 - 2814 сайтов гена, три из которых (G2032T, A2810C и G2814T) уже были описаны в литературе ранее, а замена G2685T была описана нами впервые/</p> <p style="text-align: center;">ФГБНУ «ЦНИИТ»</p> <p>Установлено наличие сезонной динамики клинико-функциональных показателей у больных бронхиальной астмой в зависимости от уровня относительной влажности воздуха. Высокая влажность воздуха сопровождается увеличением числа больных с положительной реакцией дыхательных путей на гипоосмолярный стимул, возрастанием частоты респираторных симптомов, а также снижением контроля заболевания и показателей функции внешнего дыхания у больных с гипоосмотической гиперреактивностью дыхательных путей. Разработан способ прогнозирования контроля бронхиальной астмы во влажный сезон года, основанный на измерении степени бронхоконстрикции на гипоосмотический стимул.</p> <p>Определены клинико-функциональные особенности бронхиальной астмы у больных с сочетанной гиперреактивностью дыхательных путей на холодовой и осмотический стимулы. Установлено, что для данных пациентов характерны сниженный уровень контроля заболевания, а также более значимые нарушения механики дыхания и газообмена, затрагивающие как периферический, так и центральный отделы респираторного тракта</p> <p style="text-align: center;">ДНЦ ФГПД</p>
101. Болезни глаз	<p>Разработана методика исследования зрительных функций при помощи портативного периметра, выполненного на базе шлема виртуальной реальности с возможностью применения в нестандартных условиях (у лежачих больных, при отсутствии центрального зрения и др.).</p> <p>Создан алгоритм оценки гипотензивной эффективности медикаментозного, лазерного и хирургического лечения глаукомы с учетом врожденных и приобретенных особенностей строения фиброзной оболочки глаза.</p> <p>Представлен новый способ оценки циклоторсии глазного яблока перед лазерной коррекцией зрения при астигматизме методом SMILE, который позволил обеспечить предсказуемость лазерного вмешательства, а именно предсказуемость сферического и цилин-</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>дического компонентов целевой рефракции соответственно в 100% и 70% случаев, с достоверной разницей относительно контрольной группы ($p<0,05$).</p> <p>Предложена оригинальная методика последовательной (наступательной) лазеркоагуляции сетчатки (ЛКС) по оригинальной технологии в качестве самостоятельного метода и в комбинации с хирургическими способами при лечении пациентов с РШ и ОС. Выработаны оптимальные алгоритмы для каждой из 5-ти групп наблюдений. На большом количестве наблюдений (124 глаза) определены четкие показания к проведению лазерного вмешательства.</p> <p>Обнаружена взаимосвязь между наличием у пациентов ряда генотипов низкого, повышенного и высокого риска генов CFH, ARMS2 и клиническим течением заболевания у пациентов с возрастной макулярной дегенерацией (ВМД).</p> <p>Доказана зависимость скорости прогрессирования ВМД от генотипа риска CFH rs1061170.</p> <p>Выявлена высокая встречаемость нормального генотипа у здоровых лиц по двум вариантам генов CFH, ARMS2, что, в свою очередь, доказывает участие этих генов в развитии и прогрессировании ВМД. У пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) достоверной связи между наличием генотипов различных степеней риска полиморфизмов генов TIMP3 rs713685 и rs16944 (-511 C/T IL1β) не обнаружено. Связь между наличием полиморфизма гена TIMP3 rs713685, rs16944 (-511 C/T IL1β) и клиническим течением ВМД и ПОУГ также требует дальнейшего изучения.</p> <p>Впервые для оценки потенциальных субклинических изменений сетчатки в макулярной зоне после различных методик факохирургии в сформированных согласно критериям включения и исключения группах использован комплексный структурно-функциональный подход, предполагающий сочетание оптической когерентной томографии и мультифокальной электроретинографии.</p> <p>Сделан вывод о безопасности апробированных методик факохирургии (в том числе и фемтолазерного компонента гибридной факэомультисификации) в плане негативного влияния на структурное и функциональное состояние центральной зоны сетчатки.</p> <p>На основании результатов проведенного клинического исследования разработана система дифференцированного подхода в хирургическом лечении больных буллезной кератопатией на базе эндотелиальной кератопластики.</p>

	<p>Впервые в России проводится исследование метаболических нарушений у пациентов с наследственной оптической нейропатией, которое, возможно, является триггером развития митохондриальных заболеваний. У больных с наследственными оптическими нейропатиями выявлены метаболические изменения, требующие коррекции у носителей мутаций мтДНК в дальнейшем будут изучены особенности метаболизма витаминов. В рамках исследования выполняются новые для Российской Федерации научные и научно-технологические задачи.</p> <p style="text-align: right;">НИИГБ</p>
	<p style="text-align: center;"><i>Инвазивные технологии</i></p> <p>102. Хирургия сердца и сосудов</p> <p>Сравнительный анализ результатов исследования выявления преимуществ экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) перед внутриартериальной баллонной контрапульсацией (ВАБК) при чрескожном коронарном вмешательстве (ЧКВ) высокого риска. Наилучшие результаты продемонстрированы по числу случаев полной реваскуляризации миокарда (34,4% пациентов в группе ЧКВ ЭКМО против 4,1% ЧКВ ВАБК $p=0,007$), что отразилось на показателях более низкого резидуального балла по шкале SYNTAX в группе ЧКВ ЭКМО 8 [3; 16] против 19,2[13,5;22] ЧКВ ВАБК $p=0,0001$) и в конечном счете реализовалось в достоверной разнице по числу МАССЕ (ЧКВ ЭКМО 24% против 54% ЧКВ ВАБК $p=0,04$) на годовом этапе наблюдения. Применение вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации по сравнению с ВАБК у пациентов, которым выполнялось ЧКВ высокого риска, сопровождается меньшей частотой развития синдрома полиорганной недостаточности (ПОН) за счет сохранения баланса доставки/потребления кислорода внутренними органами и предупреждения развития циркуляторной гипоксии, реализуя органопротективные эффекты.</p> <p>Показано, что прогрессирование атеросклероза в коронарных артериях, дисфункция шунтов, а также их сочетание примерно в равной степени являются причиной манифестации острого коронарного синдрома после операции коронарного шунтирования (40,0%, 32,0% и 28,0%, соответственно). Наиболее часто поражаемым кондуитом в группах с дисфункцией шунтов и с комбинацией факторов является большая подкожная вена (70,8% и 66,7%, соответственно). Наиболее частой локализацией дисфункции данного кондуита определен анастомоз с правой коронарной артерией (45,8% и 47,6%, соответственно). Наиболее частая причина дисфункции шунтов – несостоятельность дистального коронарного русла (45,8% и 66,7%, соответственно).</p> <p style="text-align: right;">КПССЗ</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Внедрение собственного хирургического протокола позволит повысить экономическую эффективность и улучшить результаты хирургического лечения сложной категории пациентов с поражением всей аорты.</p> <p>Научная новизна исследования состоит в создании и внедрении в клиническую практику, практических рекомендаций и строгого алгоритма хирургического лечения. Протокол лечения комплексной патологии аорты, включающей ее расслоение и аневризматическую трансформацию будет применяться в профильных хирургических стационарах и федеральных центрах сердечно-сосудистыми хирургами, кардиологами и специалистам ультразвуковой, лучевой и функциональной диагностики, анестезиологами и реаниматологами в целях улучшения непосредственных и отдаленных результатов хирургического лечения этой категории пациентов.</p> <p>Целью исследования является повышение безопасности и эффективности комбинированных и сочетанных операций у больных ишемической болезнью сердца и с патологией клапанов как в ближайшем, так и в отдалённом послеоперационных периодах.</p> <p>Научная обоснованность технических, методологических решений позволит внедрить более безопасное и эффективное, по сравнению с этапами способами, одномоментное лечение ишемической болезни сердца, патологии его клапанного аппарата и атеросклеротического поражения каротидного бассейна. В настоящее время комбинированные и сочетанные операции на коронарных артериях, клапанах сердца и сонных артериях могут быть выполнены с низкими показателями частоты периоперационных осложнений и госпитальной летальности.</p> <p style="text-align: center;">РНЦХ имени академика Б.В. Петровского</p>
103. Хирургия легких	<p>У больных раком легкого с конкурирующими сердечно-сосудистыми заболеваниями разработан протокол отбора и алгоритм хирургической стратегии на симулянтные, либо этапные операции с использованием торакоскопических и кардиохирургических технологий. Разработаны новые хирургические технологии – торакоскопические и роботические операции при новообразованиях дыхательных путей, целью которых является прецизионное удаление опухоли с реконструкцией трахеобронхиального дерева</p>

	и без иссечения легкой паренхимы. Продолжаются усовершенствования операций у больных рубцовыми стенозами трахеи. Модифицирована техника операции у больных с трахеомалиацией, позволяющая закрывать обширные дефекты трахеи. Для пациентов с релаксацией диафрагмы различного генеза разработана и внедрена в клиническую практику торакоскопическая и робот-ассистированная пластика диафрагмы без применения сетчатых имплантов. РНЦХ имени академика Б.В. Петровского
104. Травматология и ортопедия	<p>Разработана суставсберегающая методика хондропластики I плюснефалангового сустава с использованием коллагеновой матрицы, которая позволяет улучшить функциональные результаты хирургического лечения пациентов с остеоартритом и сократить сроки послеоперационной реабилитации.</p> <p>Предложена улучшенная хирургическая техника выполнения открывающей угол выской тибальной остеотомии, созданы специальный инструментарий и оригинальный фиксатор, которые способствуют снижению числа послеоперационных осложнений, связанных расклиниванием, фиксацией и костной пластикой, и, как следствие, улучшению функционального состояния коленного сустава и отдаленно тотального эндопротезирования.</p> <p>НИИР им. В.А. Насоновой</p>
105. Трансплантация органов и тканей	<p>На основе комплекса современных высокотехнологичных диагностических методов проведена клинко-функциональная оценка эффективности операции БЛЮК в лечении пациентов с первичным прогрессирующим кератоконусом. При этом разработана программа, позволяющая с учетом площади и зоны кератэктазии, подбирать кастомизированный аллотрансплантат. Впервые для подбора трансплантата учитываются индивидуальные показатели: ПЗО глаза, кератометрию (преломление центральной зоны роговицы, минимальную толщину роговицы). Это обеспечивает стабилизацию процесса эктазии при кератоконусе и повышение, как некорригированной, так и корригированной остроты зрения.</p> <p>НИИГБ</p> <p>Разработка хирургической стратегии диагностики, тактики хирургического лечения и ранней послеоперационной реабилитации у детей с распространенными опухолевыми поражениями печени с учетом количества пораженных секторов и вовлечения сосудов</p>

<p>Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>печени. Промежуточный анализ непосредственных и отдаленных результатов демонстрирует правильность разработки протоколов предоперационного обследования и выбора тактики хирургического пособия у пациентов исследуемой группы. В ходе исследования начата окончательная систематизация групп сравнения пациентов, формируются аналитическая база непосредственных и отдаленных результатов выполненных операций. Промежуточные результаты НИР находят практическое применение в клинической работе специалистов РНЦХ. Область применения результатов: детская хирургия, детская онкология, трансплантология. Рекомендации по практическому использованию результатов легли в основу тематических «Клинических рекомендаций Министерства здравоохранения РФ».</p> <p>РНЦХ имени академика Б.В. Петровского</p>
<p>106. Реконструктивно-пластическая хирургия</p>	<p>Разработана лекарственная пленка с медленным высвобождением вазоэндотелиального фактора роста (VEGF), испытана ее эффективность на модели повреждения стенки трахеи. На основании сравнительного исследования саногенетических закономерностей регенерации стенки трахеи после реконструктивной операции в контроле и при локальном воздействии VEGF выявлено уменьшение послеоперационного рубца на 31% при снижении показателей воспаления, увеличение площади сосудов при применении лекарственной пленки.</p> <p>Доказана пероспективность локального применения VEGF в зоне репарации при повреждении стенки трахеи.</p> <p>(Соответствует ожидаемым результатам: повышение эффективности хирургического лечения, улучшение функциональных и эстетических результатов).</p> <p>Разработана методика реконструкции передней крестообразной связки (ПКС) с использованием 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы. Изучены функциональные результаты артроскопического восстановления повреждения ПКС у пациентов после реконструкции ПКС аутоотрансплантатом с использованием сухожилия полусухожильной мышцы по транстибиальной методике (стандартный метод) и 1/2 сухожилия длинной малоберцовой мышцы по ретроградной методике (собственный метод).</p>

	<p>Установлено что реконструкция ПКС по ретроградной методике с использованием ½ сухожилия длинной малоберцовой мышцы, является более надёжным и эффективным, чем реконструкция ПКС по транстибиальной методике с использованием сухожилия полусухожильной мышцы, и является методом выбора при определении способа хирургического лечения.</p> <p>(Соответствует ожидаемым результатам: повышение эффективности хирургического лечения, улучшение функциональных и эстетических результатов).</p> <p>ИНЦХТ</p> <p>Показано преимущество в клинической эффективности разработанной нами методики проведения баллонной дакриопластики у пациентов с рецидивом дакриоцистита, при котором этиологическим фактором является стеноз и облитерация устья слезных каналов, а также рубцовое заращение дакриостомы при условии анатомической адекватности ее наложения.</p> <p>НИИГБ</p> <p>В рамках НИР успешно апробирован и внедрен в практику метод реконструкции нижней челюсти с временным протезированием зубов, что позволило одномоментно достигать не только восстановления структуры удаленных тканей, но и функции жевания. Внедрение анапластологии позволило реабилитировать пациентов, у которых достижение оптимального эстетического результата собственными тканями было невозможно. Инъекционная аутоотрансплантация жировой ткани (липофилинг, липографтинг, липотрансфер) позволяет устранять остаточные деформации после лоскутной пластики, либо, в отдельном взятых случаях, являться альтернативой перемещению кровоснабжаемого пластического материала.</p> <p>РНЦХ имени академика Б.В. Петровского</p>
107. Абдоминальная хирургия	<p>Результаты исследования направлены на повышение качества хирургического лечения пациентов за счёт применения высокотехнологичных методик с оптимизацией протоколов периоперационного ведения, включающего программу ускоренного выздоровления, профилактики несостоятельности анастомозов, снижения выраженности хирургического стресса и профилактики и коррекции послеоперационной саркопении, что создаст условия для повышения качества жизни пациентов и снижения частоты осложнений при</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>проведении данных операций. Доказана безопасность и эффективность программы ускоренного выздоровления в сравнении с «традиционными» схемами ведения больных при реконструктивных вмешательствах на пищеводе.</p> <p>Результаты, полученные в ходе выполнения данного проекта, могут быть использованы в сфере торакоабдоминальной хирургии с перспективой расширения использования на смежные области хирургии.</p> <p>Робот-ассистированная методика выполнения прямого уретероцистоанастомоза демонстрирует высокий уровень безопасности и воспроизводимости, также хорошую эффективность данной операции у больных с нарушением проходимости мочеоточника в дистальной трети. Робот-ассистированная лапароскопическая пиелопластика (РАЛП) представлена как эффективный метод лечения стриктуры лоханочно-мочеточникового сегмента. РАЛП – безопасная и целесообразная процедура при лечении стриктуры лоханочно-мочеточникового сегмента.</p> <p>РНЦХ имени академика Б.В. Петровского</p>
108. Нейрохирургия	<p>Целью исследования является оптимизация различных методик хирургического лечения объёмных образований головного и спинного мозга с использованием современных методов интраоперационной визуализации. Разработан эффективный интраоперационный способ оценки степени инвазии опухолей в просвет венозного синуса головного мозга. Разработаны алгоритмы применения интраоперационной сонографии при различных опухолях и сосудистых мальформациях головного и спинного мозга.</p> <p>Разработанные алгоритмы и методика применения интраоперационной сонографии в хирургии опухолей и сосудистых мальформаций головного и спинного мозга позволяет уменьшить хирургическую травму ткани мозга, точно локализовать патологический процесс, оценить его характер, объем и идентифицировать окружающие анатомические структуры сегмента.</p> <p>РНЦХ имени академика Б.В. Петровского</p>
109. Анестезиология и реаниматология	<p>Установлено, что проведение иммунологического мониторинга в периоперационном периоде кардиохирургических операций в условиях искусственного кровообращения по-</p>

звolyет прогнозировать развитие осложненного течения послеоперационного периода, обусловленного формированием индуцированной иммунной супрессии и, в особо неблагоприятных вариантах, – развития инфекционных осложнений и сепсиса. Оценка вероятности развития инфекционных осложнений и персистенции ПОН дает обоснование к использованию протоколов лечения, а именно: использование активной реабилитации, смены метода детоксикации в пользу начала сорбции цитокинов и эндотоксина, обособное использование иммуноориентированных нутритивных смесей.

Доказано, что интраоперационный отказ от компонентов донорской крови у детей, оперированных по поводу коррекции врожденных септалных пороков сердца, является безопасным для пациента в интра- и послеоперационном периоде. Установлено, что отказ от трансфузии у детей, оперированных по поводу коррекции врожденных септалных пороков сердца, характеризует группу пациентов как свободную от послеоперационного делирия, достоверно более низкими значениями маркеров интраоперационного повреждения нейроваскулярной единицы и благоприятным течением интра- и послеоперационного периода. Разработана и внедрена новая медицинская технология вакуумной ультрафильтрации перфузата экстракорпорального контура, позволяющая осуществлять операции без использования компонентов донорской крови или снижать объем трансфузии.

КПССЗ

Область применения разработок, являющихся результатом исследования, следует оценить как приналежащую анестезиологическому обеспечению всех видов и направлений развития торакальных хирургических вмешательств. Опираясь на результаты, сформированные по завершении двух этапов исследования, сформировалось направление прецизионного выбора методов анестезии и респираторной поддержки, соответствующих требованиям современных торакальных хирургических вмешательств, в том числе сочетанных и симультанных, а также для пациентов с тяжелыми сопутствующими заболеваниями систем дыхания и кровообращения.

В исследовании анализируются взаимосвязи между периоперационными факторами риска и различными клиническими фенотипами органических дисфункций в послеоперационном периоде. На основании данных клинико-экспериментального исследования оценено влияние периоперационных факторов риска на клиренс токсичности ароматических микробных метаболитов. Определена панель клинических признаков и лабораторных маркеров для принятия решения о начале и завершении экстракорпоральной терапии при различных вариантах течения органических дисфункций. В экспериментальной части рабо-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>ты проведена оценка емкостных возможностей по элиминации эндотоксина различными сорбционными устройствами. Разработан протокол проведения персонализированной целенаправленной последовательной экстракорпоральной терапии у пациентов с различными фенотипами послеоперационных органных дисфункций.</p> <p>РНЦХ имени академика Б.В. Петровского</p> <p>Молекулярные маркеры геморрагического инсульта. Выявлена динамика содержания кандидатных молекулярных биомаркеров в сыворотке крови пациентов с геморрагическим инсультом, которая, вероятно, отражает процессы альтрации и регенерации, соответствующие стадиям инсульта. Использование выявленных в результате исследования кандидатных молекулярных биомаркеров, после соответствующей валидации, перспективно в комплексной диагностике, мониторинге лечения и реабилитационных мероприятий у пациентов с геморрагическим инсультом в критических состояниях.</p> <p>Молекулярные механизмы органопротективных свойств ингаляционного анестетика ксенона при критических состояниях. Изучены молекулярные механизмы противовоспалительного и органопротективного действия ингаляционного анестетика ксенона. Полученные данные указывают на способность ксенона снижать экспрессию провоспалительных генов в нервной ткани на модели травмы головного мозга. Использование ксенона при тяжелом повреждении головного мозга позволяет предотвратить патогенетически значимую избыточность посттравматических воспалительных реакций и нейрональную гибель. Это станет основой для разработки методов применения ксенона с целью органопротекции при критических состояниях, что позволит снизить летальность в данной категории больных в критических состояниях.</p> <p>ФНКЦ РР</p>
110. Инфекции в хирургии	<p>Использование вакуумных систем при осложненных инфицированных ранах позволило значительно улучшить результаты лечения больных с гнойно-септическими осложнениями.</p> <p>Разработаны и внедрены методы диагностики сепсиса на ранних стадиях его развития: 1) определение в крови циркулирующих микробных метаболитов, 2) определение</p>

	<p>концентрации эндотоксина в крови, 3) использование биомаркеров органических поврежденных (цитокины, фактор некроза опухоли, NGAL, молекула KIM-1, высокочувствительный тропонин I и др.)</p> <p>Усовершенствован и внедрен комплекс современных методов экстракорпоральной детоксикации: 1) сорбционные методы удаления избытка цитокинов и эндотоксина; 2) лечение полиорганной недостаточности с применением экстракорпоральных методов гемокоррекции.</p> <p style="text-align: right;">РНЦХ имени академика Б.В. Петровского</p>
<p>111. Разработка материалов, изделий, инструментария, приборов медицинского назначения для хирургии</p>	<p>С целью повышения гемосовместимости и устойчивости к тромбообразованию проведено формирование на внутренней поверхности сосудистых графтов гидрогелевого покрытия из поливинилипирролидона с последующим введением в него антигемогенных препаратов: нефракционированного гепарина и илоprostа, что обеспечило 6-месячную проходимость сосудистых протезов PNBV/PCL/GFmix/Гепарин/Илоprost в 62,5%, а через 18 месяцев – в 50% случаев. В проходимых протезах сформировались основные элементы новообразованной сосудистой ткани и отсутствовали признаки кальциноза стенок. Однако скорость резорбции трубчатого каркаса PNBV/PCL, имплантированного в сонную артерию овцы, превысила скорость деградации PCL и PNBV, указанную в литературе и полученную в собственных экспериментах на модели крысы, что привело к аневризмообразованию всех проходимых графтов, что требует продолжения исследований.</p> <p>В результате проведенных работ были получены биосовместимые термопластичные композитные полимеры на основе поли(стирол-блок-изобутилен-блок-стирол)а (СИБС) и углеродных наноматериалов (УНМ). Увеличение содержания УНМ позволило повысить прочность пленок до четырех раз по сравнению с исходным чистым полимером СИБС (до 16,48 МПа). Включение УНМ в матрицу СИБС привело к повышению гидрофильности композитных пленок, минимальное значение контактного угла смачивания составило $63,9 \pm 3,2^\circ$, в то время как цитотоксичность в отношении эндотелиальных клеток не была отмечена. Полученные результаты свидетельствуют, что СИБС-УНМ может стать перспективным материалом для изготовления имплантируемых устройств, таких как створки полимерного клапана сердца.</p> <p style="text-align: right;">КПССЗ</p>

Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
<i>Изучение закономерностей и механизмов влияния окружающей и производственной среды (климато-географические, территориальные, экологические, антропогенные, производственные факторы) и условий жизнедеятельности на состояние здоровья и качество жизни населения России и разработка основ государственной политики в целях профилактики, сохранения и укрепления здоровья населения</i>	
<p>112. Разработка фундаментальных проблем экологии человека и гигиены окружающей среды как научной основы государственных мероприятий по охране здоровья населения России и обеспечения биобезопасности</p>	<p>Целью исследований является разработка подходов к оценке безопасности биотехнологической продукции растительного происхождения, полученной с использованием инновационной генно-инженерной технологии РНК-интерференции и системы редактирования генома CRISPR-Cas. Проведен анализ научной информации и существующих подходов при изучении иммунного статуса крыс, разработан дизайн эксперимента для расширения комплекса алергологических исследований, выполняемых при оценке безопасности биотехнологической продукции. Предложена новая формула полусинтетического рациона с модифицированным белковым компонентом; завершен сравнительный анализ существующих методов исследования теломер и активности теломераз; рассмотрена возможность использования теломер и теломерной активности в токсикологических исследованиях.</p> <p>Проведена экспертная оценка метода идентификации генно-инженерно-модифицированной сои второго поколения, линия DAS-81419-2; проанализированы результаты выборочного контроля за пищевой продукцией, имеющей генно-инженерно-модифицированные аналоги; проведен пострегистрационный мониторинг за безопасностью биотехнологической продукции растительного происхождения первого поколения.</p> <p>Исследовано содержание микотоксинов в специях и пряностях разрабатываемым методом ВЭЖХ-МС/МС. Показано, что поступочное поступление афлатоксина В1 при потреблении перца чили, паприки, имбиря, мускатного ореха составляет 10,2%-44,6% и 0,7%-5% от суммы всех микотоксинов, поступающих с суточным рационом питания.</p> <p>Доработан метод подготовки проб к проведению анализу органического и неорганического мышьяка в морепродуктах с высоким содержанием белка. Проанализировано 76 образцов морепродуктов. Оформлена заявка на изобретение. Проведен анализ объемов производства в Российской Федерации аквакультуры, где возможно использование гор-</p>

мональных средств. Показано, что 93% производимой продукции приходится на рыбу: карп (36%), толстолобик (20%), форель (19%) и семга (11%). Отработаны основные параметры метода определения содержания стероидных гормонов в рыбе с использованием метода ВЭЖХ-МС/МС.

Наработаны опытные партии ферментного препарата (ФП) комплекса протеаз и α -амилаз на основе генетически модифицированного штамма *Aspergillus awamori* Xyl-T-15 и комплекса протеаз (пенициллопепсин) из мутантного штамма *Penicillium verticilliosum* PER. В экспериментах на крысах (92 суток) для ФП из *A. awamori* Xyl-T-15 показано, что основным органом-мишенью токсического воздействия является печень с признаками усиления апоптоза; NOAEL установлена на величине 10 мг/кг массы тела в сутки. Для ФП из *P. verticilliosum* PER показано изменение поведенческих реакций животных, нейтрофилопения и тромбопения при дозе 1000 мг/кг массы тела.

Проведено исследование по влиянию сорбентов (углей), флокулянтов (оклеивающих веществ) и ФП на показатели качества водок, настоек и морсов. Уголь ДАС показал лучшую эффективность очистки водки. Использование оклеивающих материалов приводит к повышению стабильности настоек при хранении. В спиртованных морсах обработанных ФП отмечено снижение массовой доли железа, что способствует увеличению срока их годности. Разработан ингрдиентный состав и технология приготовления 49 новых спиртных напитков. Разработан Проект МР «Перечень вкусоароматического растительного сырья (растения и их части) для изготовления ликероводочных изделий».

ФИЦ питания и биотехнологии

Исследованиями установлено, что влияние комплекса негативных факторов приводит к существенному снижению у населения промышленных центров, как общей продолжительности жизни (средний показатель потерянных лет жизни составил 10 лет у мужчин и 4,6 лет у женщин), так и продолжительности здоровой жизни (12,5 и 13,2 года, соответственно). Анализ уровней профессионального риска у работников алюминиевой промышленности показал, что безопасный стаж работы составил для: электролизников – 11,4 года, анодчиков – 12,5 лет, крановщиков – 13,1, операторов по обслуживанию электролизных ванн – 11,9 лет, операторов по обслуживанию кранов – 15 лет.

Разработана математическая модель оптимизации условий пробоподготовки биомаркера экспозиции ПАУ 1-ОНРуг в моче. Применение данной методики позволило выявить достоверные различия уровней содержания 1-ОНРуг среди различных групп профессий,

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>их зависимость от степени воздействия ПАУ, что свидетельствует о надежности и достоверности результатов анализа биосред. Разработанная методика патентоспособна.</p> <p>ВСИМЭИ</p> <p>Выявлена специфика иммуновоспалительных механизмов развития профессиональной патологии у работников угольной и алюминиевой промышленности: у шахтеров с пылевой патологией легких с дыхательной недостаточностью отмечено угнетение основного показателя гуморального иммунитета, что приводит к присоединению инфекции бронхолегочной системы и увеличению выраженности воспаления; у металлургов с хронической фтористой интоксикацией выявлено угнетение первичного гуморального иммунного ответа, способствующее развитию инфекционно-воспалительных процессов в различных органах. Показано, что в развитии профессиональной патологии легких ключевую роль играет комплексное взаимодействие генетических и средовых факторов. Выявлены генотипы, выступающие маркерами развития ППД у шахтеров: GG IL-6 и GSTT1(+).</p> <p>Проведена идентификация выбросов в воздушный бассейн Новокузнецка от стационарных источников крупной углеобогатительной фабрики с учетом опасных ингредиентов каждого из компонентов выбросов. Произведен отбор наиболее опасных ингредиентов выбросов для дальнейшей оценки риска здоровью жителей города.</p> <p>НИИ КППЗ</p>
113. Изучение закономерностей и механизмов влияния факторов производственной среды и трудового процесса на здоровье работающих	<p>Для прогнозирования риска потери слуха от шума, вибрационной болезни разработаны математические модели и технологии расчётов, определены показатели и критерии риска.</p> <p>Разработаны проекты Руководств по оценке профессионального риска, гигиеническим критериям и классификации условий труда на основе риск-ориентированной концепции регламентации производственных факторов.</p> <p>Обосновано применение методов дозиметрии для сопоставления гигиенических регламентов магнитной составляющей электромагнитных полей в различных частотных диапазонах и ее гигиенические регламенты в диапазонах частот $\geq 3,0$–$30,0$ МГц и $\geq 50,0$–$300,0$ МГц.</p>

Научно обоснованы методы и критерии оценки киберфизических систем. Разработана структурная схема информационной нагрузки на оператора в эргатических системах и таксономический алгоритм менеджмента профессиональных рисков.

Разработаны критерии для квантификации профессиональных рисков нарушений репродуктивного здоровья работников, включающие количественную оценку рисков и тяжесть клинических исходов, и алгоритм прогнозирования нарушений репродуктивного здоровья работников на основе расчета риска нарушений репродуктивного здоровья.

В целях совершенствования методов оценки биологического ответа и подходов к нормированию актуальных промышленных уровней воздействия от биологических параметров лекарственных средств.

Выполнен анализ динамики условий труда и состояния здоровья населения трудоспособного возраста по показателям заболеваемости с временной утратой трудоспособности, первичной заболеваемости и первичной инвалидности в России и в ряде промышленных регионов.

Научно обоснованы подходы к разработке критериев и методов оценки напряженности трудового процесса, с выделением нового показателя определения интеллектуальных нагрузок – «работа с информационной нагрузкой и творческим содержанием».

У работников управленческого аппарата установлено: значительное распространение пограничной артериальной гипертонии (ПАГ) в группах 30–39 и 40–49 лет, низкая представленность «слабого» типа нервной системы у лиц с ПАГ, более высокий уровень диастолического давления у «пограничных гипертоников» с «сильным» типом нервной системы, склонность к ригидности аффекта в группе работников с пограничной артериальной гипертонией, что будет использовано в решении проблем обеспечения трудового долголетия.

По результатам медико-генетических исследований для повышения адаптационных способностей организма различными неспецифическими способами при проведении своевременной коррекции предложено выявлять гетерозиготный генотип (G/A) гена SOD1 (G7958A), что формирует группы повышенного риска развития артериальной гипертонии.

Разработаны методологические подходы к выявлению ранних признаков профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний органов дыхания (хронического пылевого неструктивного бронхита), опорно-двигательного аппарата (радикуллопатии пояснично-крестцового уровня, связанной с физическими перегрузками), заболеваний,

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>связанных с воздействием охлаждающего микроклимата, критерии ранних признаков воздействия свинца на организм работающих, ранних проявлений профессионального фотоконтактного дерматита у работающих от воздействия определенных производственных факторов. Изучена информативность исследования лабораторных показателей системы цитокинов для оценки риска развития и прогнозирования тяжести течения профессиональной ХОБЛ. Показана значимость исследования генетических полиморфизмов IL1b (rs16944), IL4 (rs2243250), MMP9 (rs17576) в качестве маркеров предрасположенности к развитию асбестообусловленной бронхолегочной патологии.</p> <p>НИИ МТ</p> <p>Получены первые данные изучения состояния участников кратковременных экспедиций на Север по сравнению с постоянными жителями средней полосы и Заполярья. У участников экспедиций на Север выявлены более низкие (по сравнению с обеими группами контроля) и не изменяющиеся за время экспедиций величины общей мощности спектра частоты сердечных сокращений при сниженных величинах систолического барорефлекса; повышенные (по сравнению с жителями Севера) величины общей мощности спектра систолического АД, снижающиеся за время экспедиции при одновременном снижении его величин.</p> <p>Исследование эффектов лактоферрина после острого гамма-облучения в сублетальной дозе показало, что его введение позволило увеличить выживаемость и среднюю продолжительность жизни облученных в течение эксперимента.</p> <p>При анализе срезов разных отделов мозга испытуемых, принимавших наночастицы серебра с питьевой водой, доказано, что данные наночастицы проникают в головной мозг. Данный факт доказывает возможность негативных последствий приема препаратов коллоидного серебра на центральную нервную систему.</p> <p>При исследовании действия растворов наночастиц серебра на клеточный цикл эндотелия показано, что они вызывают перераспределение долей клеток между G1 и S фазами, а именно, увеличение доли клеток в S-фазе, что указывает на остановку (арест) клеточного цикла эндотелия на стадии синтеза ДНК.</p> <p>НИИ ОНП</p>

Доказано, что воздействие винилхлорида в производственных условиях увеличивает риск развития артериальной гипертонии у лиц-носителей генотипа C/C полиморфного варианта Leu28Pro гена APO E, генотипа T/T полиморфного варианта C786T гена eNOS3 и генотипа T/C полиморфного варианта Met235Thr гена AGT. Протективным действием в отношении развития артериальной гипертонии у рабочих производств винилхлорида обладают аллель G и генотип C/G полиморфного варианта Ser447Ter гена LPL.

Выявлены особенности возрастной ассоциированности показателей, что отражает суммарное влияние биологических особенностей метаболических процессов в растущем организме, нарушений структуры рациона питания и дефицита йода. На фоне общего снижения первичной заболеваемости и распространенности алиментарно зависимой патологии у детей в последние годы зарегистрировано увеличение не только частоты ожирения, но и заболеваний щитовидной железы. Коррекция последствий экспериментальной свинцовой интоксикации на фоне гипотиреоза биофлавоноидом дигидрокверцетином приводит к стабилизации изменений функционального состояния сердечно-сосудистой системы, полному восстановлению структурных нарушений почечной ткани и положительной тенденции морфологических изменений в паренхиме печени, в связи с чем он может быть рекомендован к доклинической апробации лечения последствий интоксикаций тяжелыми металлами, отягощенных метаболическими нарушениями.

При изучении особенностей энергетического обмена головного мозга у пациентов с профессиональными заболеваниями, обусловленными воздействием физических факторов, выявлено усиление церебральных энергозатрат в центральных, височных и теменных отделах, что свидетельствует о функциональном напряжении головного мозга и снижении его резервных возможностей с преимущественной дисфункцией дисцифальных отделов мозга.

Установлено, что у пациентов с вибрационной болезнью (ВБ) ухудшение когнитивных функций сопровождается гиперпродукцией IL-4, IL-8, IFN- γ и увеличением уровня постоянного потенциала мозга. В результате пилотных исследований выявлены различия частот носительства AA и AG генотипов (повышение ($p = 0,03$) и понижение ($p = 0,04$) соответственно) полиморфного варианта HSPA1B (+1267A/G) гена у пациентов с ВБ, вызванной локальной вибрацией.

Необходимо дополнить Перечень профессиональных заболеваний и Перечень вредных и опасных производственных факторов и работ, при которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (Приказ Минздрава РФ № 302н),

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	относительно медицинских работников, условия труда которых связаны с высоким нервно-эмоциональным напряжением, в том числе, во время работы в экстремальных условиях, связанных с пандемией COVID-19. ВСИМЭИ
114. Разработка фундаментальных проблем в области сохранения и укрепления здоровья детей и подростков	<p>Изучались ассоциации показателей опросника SDQ (The Strengths and Difficulties Questionnaire) с генотипами rs3796863 гена CD38, контролирующего выброс окситоцина, и rs53576 гена рецептора окситоцина OXTR у подростков 12–18 лет в трёх крупных городах Сибири (Красноярск, Абакан, Кызыл). Результаты показали, что в подростковом периоде высокая функциональная активность окситоцина может вызывать некоторые негативные эффекты, такие как эмоциональная нестабильность у девочек-носительниц аллеля A rs3796863 младшего подросткового возраста (12–14 лет) и эмоциональные нарушения у мальчиков-носителей генотипа GG rs53576 старшего подросткового возраста (15–18 лет).</p> <p>Данный результат подтверждает гипотезу о чрезмерной социальной чувствительности, опосредованной окситоцином, которая может приводить к некоторым психосоциальным проблемам в подростковом периоде.</p> <p>Проведено крупнейшее по объёму выборки (3055 респондентов 12–18 лет) исследование распространённости и коморбидности интернет-зависимости у российских подростков с использованием валидизированного психометрического инструмента (шкала CIAS). На основании анализа создана Технология оценки психосоматических последствий интернет-зависимости у подростков.</p> <p>На основе обработки и анализа массива данных, внесенных в программы ЭВМ, возможна оценка наличия, структуры и различных градаций анализируемого эмоционального состояния (уровня личностной и ситуационной тревожности, дистресса, тревоги, депрессии, соматизации).</p> <p>НИИ медицинских проблем Севера ФИЦ КНЦ СО РАН</p> <p>Определены особенности паттерна сна у школьников старших классов с избыточной массой тела и ожирением, свидетельствующие об изменении его гомеостаза при эндо-</p>

кринной патологии и играющие роль адаптивного механизма, нивелирующего нарушение системы психологических защит в условиях ежедневных стрессовых воздействий. Показано, что при определенных условиях (увеличении степени ожирения, появлении дыхательных расстройств во сне) возникает напряжение систем саморегуляции и возможен срыв механизмов адаптации, приводящий к формированию тяжелых психоневрологических и соматических расстройств. Выявлены особенности микроструктуры сна у высокоинтеллектуальных школьников в качестве нейрофизиологических критериев нейрокognитивного развития, а также специфических маркеров нейропластичности для создания оптимальных условий процессов консолидации и реорганизации памяти при интенсификации обучения у детей и подростков.

НЦПСЗрч

При исследовании плацент при невынашивании беременности и мертворождениях, а также в пробах органов при ранней неонатальной смертности, в 58% случаев обнаруживаются микроорганизмы, колонизирующие генитальный тракт женщины (стрептококки, микоплазмы, уреаплазмы) или широко распространенные персистирующие, репродуцирующиеся в лимфоцитах человека, герпесвирусы (CMV, HHV-6). Внутритрубные инфекции могут относиться к предотвратимым причинам перинатальной смертности и служить существенным резервом для ее снижения.

Выявлены медико-социальные факторы риска формирования бронхолегочной дисплазии у детей. С использованием разработанной программы на этапе планирования и на ранних сроках беременности составляется прогноз, на основании которого предлагается программа оптимизации профилактических мероприятий по улучшению здоровья матери и будущего ребенка.

Оценка факторов патогенности бактерий, выделенных респираторных проб детей с внебольничной пневмонией, выявил фенотипические особенности условно-патогенных бактерий, которые могут быть использованы в клинической практике для оценки этиологического значения микроорганизмов, выделенных из трахеального аспирата у больных пневмонией.

Проведенный, в рамках первого мультицентрового исследования в Российской Федерации анализ распределения серотипов пневмококков в носоглотке здоровых детей в возрасте до 6 лет, после введения в национальный календарь прививок вакцинации против пневмококка 13-валентной конъюгированной вакциной (ПКВ13), позволил установить

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>значительное снижение распространенности серотипов, связанных с вакциной, и появление серотипов, не связанных с вакциной.</p> <p>Уровень выявленных астмоподобных симптомов у подростков Хабаровского края является самым высоким среди регионов России и значительно превышает уровень на близлежащих территориях. В связи с большой частотой и тяжестью симптомов в сельском районе предположено, что наряду с атопическим процессом в бронхах, социально-экономические факторы, доступность медицинской помощи, особенно специализированной, оказывают большее влияние на частоту встречаемости астмоподобных симптомов.</p> <p>У пациентов с неконтролируемым течением БА в 50% случаев выявлена персистенция вируса герпеса человека 6 типа (ВПЧ 6), в 25% – вируса Эпштейн-Барр (ВЭБ). Выявлены ассоциации с клинико-иммунологическими показателями и дозами применяемых глюкокортикоидов.</p> <p>Исследование полиморфизмов генов молекул сигнальных путей Толл-подобных рецепторов (TLR) у больных бронхиальной астмой выявило ассоциации между наличием однонуклеотидных замен в генах TLR 4 и 9 (TRL4-Asp299Gly, TRL4-Ghr399Ile, TLR9-T1237C, TLR9-A2848G) с особенностями показателей иммунитета и более легким течением заболевания, лучшим ответом на терапию и более полным контролем над ним. Более тяжелое течение заболевания и худший ответ на терапию ассоциированы с мутацией TLR 2 (с заменой Arg753Glu). Полученные данные дают возможность персонализировать подходы к диагностике, профилактике и терапии заболевания.</p> <p>Несмотря на единый геохимический регион проживания, у больных бронхиальной астмой выявлено достоверное снижение содержания меди, селена, цинка и повышение свинца, никеля, кобальта в крови. По мере нарастания тяжести заболевания отмечено более выраженное падение уровня селена, меди и рост свинца, марганца, лития. Степень воздействия солей металлов (свинца, селена) на мембраны эритроцитов достоверно зависит от тяжести бронхиальной астмы. Полученные данные открывают возможности индивидуализации прогнозирования, диагностики и коррекции микроэлементных нарушений при бронхиальной астме.</p> <p>У детей хронические неспецифические заболевания легких сопровождаются увеличением содержания в периферической крови доли гранулоцитов со сниженным мембран-</p>

ным потенциалом митохондрий. Митохондриальная дисфункция гранулоцитов снижает интенсивность фагоцитарных реакций, ведет к истощению адаптационных резервов иммуннокомпетентных клеток крови и может приводить к повышенной восприимчивости к вирусно-бактериальной инфекции с частыми обострениями заболевания.

Выявлен прямой цитопротективный эффект эхинохрома А в первичной культуре пульмональных фибробластов белых крыс в условиях окислительного стресса. Полученные результаты открывают перспективы использования препарата для увеличения устойчивости клеток к повреждающим воздействиям (ХФ ДНЦ ФПД – НИИ ОМиД).

Проведен анализ медико-демографических показателей по охране здоровья матери и ребенка за 2000–2018 гг. по Республике Саха (Якутия). В базу данных включены все случаи рождения, смерти, первичной и общей заболеваемости населения за 2000–2018 гг. Проведенный контент-анализ медико-демографических показателей за исследуемый период с 2000 по 2018 гг. в арктической зоне Якутии выявил следующие положительные тенденции: высокие средние показатели рождаемости (18,4 ‰), высокая доля нормальных родов (66,2%), отмечается стойкое снижение среднего показателя младенческой смертности до 2,0 ‰, отсутствие случаев материнской смертности. Отмечаются эффективные способы использования ресурсов здравоохранения и положительные индикаторы эффективности.

Проведено исследование с целью изучения распространенности и структуры ювенильных идиопатических артритов в Республике Саха (Якутия) и выявления некоторых особенностей данной нозологии у детей коренного населения. В ретроспективное исследование включены 170 больных детей с диагнозом ювенильный идиопатический артрит, госпитализированных в кардиоревматологическое отделение Педиатрического центра РБ№1-НЦМ с 2009 по 2017 гг. Распространенность ювенильного идиопатического артрита у детей до 18 лет в Якутии составила 64,3 на 100 000 населения, у детей до 14 лет распространенность составила – 67,2; у подростков – 47,3 на 100 000 населения. В результате выявлено, что в разных районах Якутии частота вариантов ювенильного идиопатического артрита различна, наиболее встречаемый – энтезит-ассоциированный артрит. Из особенностей ювенильного идиопатического артрита у детей коренного населения отмечено преобладание пациентов мужского пола, а также значительно высокая наследственнаяотяженность. Высокая частота антигена HLAB27 ассоциируется с ювенильным идиопатическим артритом у детей коренного населения вдвое чаще, чем у детей-европеоидов. Дети коренного населения несколько чаще имели поражение тазобе-

<p>Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>дренных, коленных суставов и крестцово-подвздошных сочленений и относительно реже мелких суставов стоп.</p> <p>ЯНЦ КМП</p>
<p>115. Проблемы питания</p>	<p>Уточнен качественный и количественный состав нутриума человека как оптимальной совокупности алиментарных факторов (пищевых веществ – макро- и микронутриентов, включая минорные биологически активные вещества) для поддержания динамического равновесия между человеком и окружающей средой, направленного на оптимальное обеспечение жизнедеятельности, сохранение и воспроизводство вида и поддержание адаптационного потенциала.</p> <p>Определены характеристики физического развития разных возрастно-половых групп населения Российской Федерации, разработаны Стандарты физического развития взрослого населения, изучен физический статус детей с учетом особенностей физической нагрузки.</p> <p>Изучен метаболический потенциал микробных сообществ, популяций и отдельных представителей кишечного микробиома здорового человека и их участие в регуляции метаболизма в макроорганизме, определены конкретные качественные и количественные показатели кишечного микробиома у здоровых людей (детей и взрослых), обоснован этапный микробиом здорового человека, а также проведена оценка влияния алиментарных факторов на состав микробиома, экспрессию детерминированных метаболических и регуляторных функций микробных сообществ, популяций и отдельных представителей кишечного микробиома в норме и при наиболее распространенных кишечных инфекциях, обоснованы пути коррекции микробиома пробиотиками, пребиотиками, биологически активными веществами пищи.</p> <p>Разработана формула оптимального питания человека.</p> <p>Разработан проект новых «Норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Проведен анализ фактического питания различных групп взрослого и детского населения Российской Федерации в зависимости от уровня доходов по данным обследования рационов питания,</p>

проведенного Росстатом во всех субъектах Российской Федерации в 2018 г. С использованием этих данных разработаны 6 базовых стандартных наборов пищевых продуктов и 6 базовых улучшенных наборов пищевых продуктов в соответствии с рациональными нормами потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания. Результаты этого раздела работы могут быть использованы при подготовке проекта постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении Методических рекомендаций по определению потребительской корзины для основных социально-демографических групп населения в субъектах Российской Федерации». Разработаны 3 варианта индексов здорового питания (ИЗП), основанных на эпидемиологических данных о фактическом питании населения России и принятых в стране критериях и принципах здорового питания. Критерии балльной оценки компонентов-индикаторов ИЗП разработаны с учетом современных представлений о величинах потребления наиболее важных групп пищевых продуктов, а также уровней потребления критически значимых факторов риска хронических неинфекционных заболеваний. Таким образом, отдельные варианты ИЗП были сконструированы с включением различных групп пищевых продуктов, нутриентов и их комбинаций. Показана чувствительность ИЗП к изменениям характера питания и их применимость для мониторинга питания населения в зависимости от социально-экономических и демографических факторов. При анализе ИЗП при различном денежном доходе семьи показано, что ИЗП увеличивается с увеличением дохода, но только до 4-ого квинтиля доходов, затем снижается в 5-ом квинтиле до величины 3-ого квинтиля. Показано, что высокий уровень доходов семьи не обязательно формирует здоровый тип питания членов семьи. Вместе с тем, уровень доходов до определенного уровня существенно увеличивает ИЗП членов домохозяйства.

Проведен анализ пищевой матрицы, представляющей собой комплекс полифенольных соединений экстракта ягод черники с гречневой мукой и проведена модификация органолептических характеристик разработанного функционального пищевого продукта за счет включения в технологию его получения дополнительных стадий. Разработан дизайн эксперимента по доклинической оценке *in vivo* разрабатываемой пищевой матрицы (комплекса полифенольных соединений экстракта ягод черники с гречневой мукой) на модели ожирения у лабораторных животных – мышей-самцов линии C57BL/6с. Установлено, что введение в рацион лабораторных животных этого продукта оказывает гипогликемическое и гиполипидемическое действие при отсутствии негативного влияния на показатели, характеризующие тревожность, краткосрочную и долгосрочную память

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>животных. Разработан протокол оценки эффективности диетического рациона с включением пищевой матрицы на основе экстракта из сухих ягод черники у больных с метаболическим синдромом.</p> <p>В ходе выполнения работы за отчетный период проведен анализ органолептических свойств разработанных специализированных пищевых продуктов и их модификация с учетом вкусовых предпочтений потребителей. Разработан проект технической документации на опытную партию СПП, в лабораторных условиях выработан СПП-1 в количестве 10,5 кг, расфасован в индивидуальную упаковку массой 30 г, проведены исследования показателей безопасности, подтвердившие соответствие продукции действующим нормативным документам. Проведен анализ особенностей питания в домашних условиях больных с неалкогольной жировой болезнью печени, а также исследование эффективности и безопасности специализированного пищевого продукта СПП-1. Обследовано с использованием комплекса методов 20 больных НАСГ.</p> <p>ФИЦ питания и биотехнологии</p>
116. Проблемы организации здравоохранения и медицинской науки	<p>Комплексный анализ популяционного риска болезней системы кровообращения в различных социально-экономических, этнических группах населения Кемеровской области показал, что наличие высшего образования ассоциировалось: со снижением риска возникновения ожирения, артериальной гипертензии (АГ), гипертриглицеридемии, с увеличением уровня липопротеидов низкой плотности, со снижением индекса массы тела, со снижением уровня систолического и диастолического артериального давления (АД). Получены новые данные об ассоциации достижения целевого уровня АД с генетическими особенностями у малочисленных народов (шорцев): аллель А в гомозиготном состоянии гена ADRB1 определял индивидуальные различия в фармакологическом ответе на β-адреноблокаторы. Результаты являются основой персонализированной стратегии выбора антигипертензивного препарата в этой когорте.</p> <p>Обосновано, что удовлетворенность персонала факторами рабочей среды и удовлетворенность пациентов целесообразно рассматривать как самостоятельные инструменты обратной связи в системе постоянных улучшений организаций: 88,3–96,8%</p>

медицинских работников в клинике НИИ КПССЗ удовлетворены условиями работы и 99,1% пациентов оценили качество медицинской помощи (КМП) на $4,88 \pm 0,1$ балла при максимальном 5 баллов.

Сравнительный анализ мировых практик самооценки КМП (CAF, JCI, EFQM, ISO) продемонстрировал их разнообразие и применимость в здравоохранении Российской Федерации. Показана взаимосвязь жизненного цикла медицинской организации с использованием международных стандартов менеджмента, а также смысловое и содержательное единство модели CAF и современных практик развития системы менеджмента качества. Использование гибких технологий управления обеспечивает устойчивость медицинской организации при изменении деловой среды, адаптации системы управления к новым условиям. На примере НИИ КПССЗ доказана эффективность применения стратегической карты как основного инструмента планирования целей, а моделирование способно повысить уровень управляемости системы при условии измеримости процессов в целом и его отдельных составных элементов в частности.

КПССЗ

Исследовании по теме «Обоснование и разработка мер по повышению качества жизни ни граждан старшего поколения». Объект исследования – население старшего возраста. Цель этапа исследования – дать научное обоснование и разработать меры по улучшению качества жизни в современных социально-экономических условиях жизни населения старшего возраста в Российской Федерации. Методы и методология исследования – программа социально-гигиенического исследования основана на ретро- и проспективном выборочном наблюдении с использованием комплекса методов: аналитический, социологический, экспертный, статистический, методы биостатистики, графического анализа, документальный, моделирования.

Результаты этапа исследования:

- получены теоретические данные о законодательных и нормативно-правовых проблемах в действующем социальном законодательстве, ориентированном на обеспечение качества жизни лиц старшего возраста, в том числе вызванные изменением пенсионного законодательства;
- получены теоретические данные о потребности в финансовых, материальных и трудовых ресурсах оказания социальных льгот и услуг, обеспечивающих улучшение качества жизни лиц старшего возраста;

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>– получены новые теоретические данные об общих закономерностях развития организационных технологий длительного ухода за гражданами старшего возраста, нуждающимися в их применении, на основании сопоставительного анализа мировых и отечественных практик;</p> <p>– установлены факторы, негативно влияющие на уровень знаний и навыков населения старшего возраста по укреплению их здоровья, в том числе о своих правах и возможностях;</p> <p>– разработана методика расчета объема финансовых, материальных и трудовых ресурсов, необходимых для обеспечения социальных льгот и услуг, достойного уровня и качества жизни лиц предпенсионного и пенсионного возраста.</p> <p>Область применения: общественное здоровье, организация здравоохранения, медико-социальная защита населения старшего возраста, улучшение здоровья и качества жизни.</p> <p>Исследование по теме «Управление формированием и продлением высокоэффективного профессионального долголетия научных работников». Объект исследования – работники, занимающиеся научной деятельностью. Цель этапа – на основании комплексного социально-гигиенического исследования выявить особенности здоровья, психологического статуса, образа жизни, когнитивных функций, успешность научной деятельности у научных работников. Методы и методология исследования – программа социально-гигиенического исследования основана на проспективном выборочном наблюдении с использованием комплекса методов: аналитический, социологический, экспертный, статистический, методы биостатистики, графического анализа, документальный, моделирования.</p> <p>Результаты работы и их новизна.</p> <p>С использованием метода контент-анализа источников литературы, нормативно-правовых актов, метода экспертных оценок и комплексного социально-гигиенического исследования научных работников методом социологического опроса и самотестирования по комплексной тест-карте, получены новые теоретические данные о проблемах сохранения эффективной профессиональной деятельности научных работников и характеристиках, определяющих ее успешность, а также о характеристиках научной деятельности, которые могут явиться критериями ее успешности. Разработаны методика скрининг-са-</p>

мотестирования научных сотрудников по характеристикам работника, производственной и семейной микросреды и методика скрининг-оценки успешности научной деятельности по критериям успешности. С использованием разработанных методов исследованы 106 сотрудников, занимающихся научной деятельностью, и установлены особенности социально-гигиенических характеристик, когнитивных функций, преждевременного старения, образа и качества жизни научных сотрудников, производственной и семейной микросреды. Область применения полученных результатов - организация здравоохранения, общественное здоровье.

Исследование по теме «Генетическое здоровье как детерминанта общественного здоровья»

Объект исследования: популяция с возрастнo-половой стратификацией, с генетической детерминантой общественного здоровья в части хромосомных нарушений и врожденных аномалий, многогенных наследственных заболеваний. Цель этапа исследования: установить новые характеристики популяции, влияющие на тяжесть генетического груза, проблемы его снижения, качество жизни пациентов с моногенными наследственными заболеваниями и обосновать медико-социальную эффективность новых скрининговых программ ранней диагностики и раннего прогнозирования риска на уровне семьи и популяции.

Методы и методология исследования – программа социально-гигиенического исследования основана на ретро- и проспективном выборочном наблюдении с использованием комплекса методов: аналитический, социологический, экспертный, статистический, методы биостатистики, графического анализа, документальный, моделирования.

По итогам данного этапа исследования получены следующие результаты:

- новые теоретические данные о вкладе генетического груза в разные показатели общественного здоровья населения субъектов Российской Федерации и роли новой характеристики популяции «гендерная стратификация» в его формировании;
- установлены новые теоретические данные о трендах генетического груза при разных половозрастных риск- характеристиках популяций на уровне субъектов Российской Федерации из-за врожденных пороков развития и хромосомных нарушений, частых моногенных наследственных заболеваний, являющихся причинами инвалидизации и смертности;
- выявлены новые теоретические данные о медицинских, социальных, экономических потерях общества при рождении новорожденных с орфанными заболеваниями и проблемах их профилактики,

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>– дано научное обоснование определения эффективности введения нового неонатального скрининга.</p> <p>Область применения: общественное здоровье, организация здравоохранения, медико-социальная защита населения, охрана и укрепление здоровья, профилактика.</p> <p>Исследование по теме «Состояние и проблемы охраны здоровья населения России и его подрастающего поколения».</p> <p>Объект исследования – здоровье населения России и его подрастающего поколения; предмет исследования – состояние и проблемы охраны здоровья населения страны. Цель этапа – изучение заболеваемости населения, определение методических подходов к его прогнозированию; изучение физического развития детского и подросткового населения; основных медико-социальных проблем детей, подростков, молодежи и семей, обобщение и анализ материалов по правовому и организационно-методическому обеспечению организации медико-социальной помощи детям; анализ и оценка современных проблем лекарственного обеспечения населения России и определение роли государства в их решении.</p> <p>Методы исследования: В работе использовалась комплексная социально-гигиеническая методика, включая изучение и обобщение опыта, аналитический, математико-статистический методы и др.</p> <p>Результаты исследования и их новизна: В ходе исследования получены</p> <ul style="list-style-type: none"> – современные тренды и региональные особенности первичной и общей заболеваемости населения России и его отдельных возрастных групп; – основные методические подходы по реализации среднесрочного прогнозирования заболеваемости населения России; – аналитические материалы и практические рекомендации по решению проблем лекарственного обеспечения населения России и роли государства в их решении; – основные результаты оценки репродуктивного потенциала населения регионов Российской Федерации; разработка модели и прогнозные тренды, определяющие репродуктивный потенциал на примере регионов Российской Федерации; региональные особенности физического развития детей и подростков;

– основные медико-социальные проблемы детей, подростков, молодежи, семей. Обобщение материалов по правовому и организационно-методическому обеспечению медико-социальной помощи детям;

– определены нормы труда медицинских работников, оказывающих первичную медико-социальную помощь детям.

Область применения и рекомендации по внедрению: полученные результаты мониторинга, научного анализа и оценки основных показателей состояния, тенденций здоровья населения страны и ее субъектов, выводы и предложения могут являться важной составляющей при обосновании управленческих решений, принимаемых различными уровнями власти, в целях совершенствования организации и деятельности системы здравоохранения и ее отдельных служб для повышения доступности и качества медицинской помощи населению.

Исследование по теме «Государственная политика в области охраны здоровья и медицинской науки в Российской империи и СССР». Объект исследования: государственная политика в области охраны здоровья и медицинской науки. Цель исследования: Историческая реконструкция государственной политики в области охраны здоровья, здравоохранения и организации медицинской науки в Российской империи и СССР в 19–20 веках и оценка ее влияния на состояние здоровья населения.

Методы исследования: историко-генетический, историко-сравнительный метод, историко-системный метод.

Результаты исследования и их новизна:

Показана и объяснена эволюция понятия «советской медицины» и ее основополагающих принципов. Выделена и изучена реформа здравоохранения 1945–1965 гг., установлены причины ее позитивного влияния на здоровье населения. Впервые собраны и проанализированы материалы, характеризующие состояние здоровья населения и состояние гражданского здравоохранения в СССР в 1960–1980-х годах. Впервые воссоздан начальный этап организации промышленного производства пеницилина в СССР, государственное регулирование цены и распределения пеницилина в СССР во второй половине 1940-х годов. Выполнена историческая реконструкция создания АМН СССР и раскрыты трудности организации академических НИИ в первое послевоенное десятилетие. Впервые построена и апробирована матрица данных для комплексного моделирования медико-музейной сферы, продемонстрированы функциональные различия российского и зарубежного медико-музейных пространств, обусловленные способами институционализации музейной деятельности. Введены в научный оборот новые фактические данные.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Область применения и рекомендации по внедрению: полученные результаты могут служить целям обеспечения органов государственной власти историческими данными о возможных последствиях для здоровья населения преобразований в сфере охраны здоровья и здравоохранения; создания музейных экспозиций; предоставления современных и объективных материалов для преподавания истории медицины в высших и средних медицинских учебных заведениях; ознакомления медицинского сообщества о знаменательных датах истории медицины для планирования юбилейных мероприятий, подготовки научных конференций и публикаций.</p> <p>Исследование по теме «Научное обоснование путей развития организационных технологий здоровьесбережения населения».</p> <p>Объект исследования: здоровье населения России, здоровьесбережение.</p> <p>Цель исследования: Теоретическое обоснование методологии, научно-методических подходов и информационных ресурсов управления развитием организационных технологий здоровьесбережения населения в Российской Федерации, отдельные технологии здоровьесбережения населения позднего трудоспособного возраста и семьи с разными факторами риска.</p> <p>Методы исследования: теоретический анализ, методологический анализ, научное обобщение, социально-гигиенический анализ, метод систематического обзора, метод терминологизации, нормативный правовой анализ, социологический анализ, экспертная оценка.</p> <p>Результаты исследования и их новизна: установлены аналитическим методом данные отечественной и зарубежной литературы, официальной статистики, результатами собственных исследований теоретическое обоснование целевого направления развития здоровьесбережения в Российской Федерации на современном этапе жизни общества, ориентированного на основные неинфекционные заболевания, в частности, болезни системы кровообращения и новообразования, являющиеся основными причинами смерти и первичного выхода на инвалидность населения Российской Федерации, разработана методология развития здоровьесбережения в Российской Федерации, основанная на «Стратегии ОНИЗ-рисков»:</p> <p>– установлены новые теоретические данные о дифференциации факторов риска ОНИЗ на многорисковые, направленные на все ОНИЗ, и на монорисковые, направленные на</p>

одно ОНИЗ, данные о наличии ОНИЗ и факторов их риска у населения во все возрастные периоды, начиная с антенатального этапа развития, данные о непрерывном дополнении у населения объема ОНИЗ и факторов риска их развития от рождения и до старости,

- разработана методология развития здоровьесбережения в Российской Федерации, основанная на системном подходе создания, начиная с антенатального этапа и до старости полного обеспечения технологиями здоровьесбережения всех типов, ориентированными на профилактику каждого неинфекционного заболевания, отнесенного к высококорейтинговому среди основных причин смерти и инвалидизации, и на профилактику каждого фактора риска его возникновения,

- установлены новые теоретические данные о значимости характеристик технологий здоровьесбережения для их структуризации и оценки инновационности и на этом научном обосновании разработаны методика определения и структуризации технологий здоровьесбережения населения и методика мультикритериальной оценки технологий здоровьесбережения населения с учетом их типа (процесс, инновационный проект),

- установлены теоретические данные о необходимых гностических, личностных характеристиках и практических навыках эксперта в сфере здоровьесбережения, и на этом научном обосновании разработана методика оценки соответствия характеристик эксперта разработанному, выявлены высокорейтинговые несоответствия,

- получено теоретическое обоснование методом контент-анализа литературы, разработан и апробирован в пилотном исследовании инструментарий экспертной оценки проблем развития здоровьесбережения в Российской Федерации и, с использованием его, получены теоретические данные о проблемах поддержки принятия управляющего решения по созданию и интеграции технологий здоровьесбережения в практику его проведения,

- получена теоретическая информация и обоснованы пути оптимизации с использованием разработанной методологии технологий здоровьесбережения у разных групп населения, включая врачей позднего трудоспособного возраста, семей с риском онкопатологии, с нарушением экологии семьи.

Область применения и рекомендации по внедрению: общественное здоровье, организация здравоохранения, медико-социальная защита населения, охрана и укрепление здоровья, профилактика.

Исследование по теме «Организационно-экономические основы разработки системы управления качеством и эффективностью медицинской деятельности».

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Объект исследования: система управления качеством и эффективностью медицинской деятельности.</p> <p>Цель работы: разработка и апробация системы критериев и показателей для оценки качества и эффективности медицинской деятельности на различных иерархических уровнях управления и научное обоснование организационно-правовых мероприятий по созданию механизма актуализации порядков оказания медицинской помощи в целях совершенствования качества и безопасности медицинской деятельности.</p> <p>Методы: изучение и обобщение опыта, метод монографического описания, метод моделирования, аналитические методы (контент-анализ, сравнительный анализ), метод экспертных оценок.</p> <p>Результаты работы и их новизна:</p> <p>Проведен анализ нормативного правового регулирования обеспечения и контроля качества и эффективности медицинской деятельности, выявлены правовые коллизии; обобщен опыт построения и использования системы критериев и показателей для оценки качества и эффективности медицинской деятельности (далее – «Система»); научно обоснованы принципы и методические подходы построения данной «Системы» для различных иерархических уровней управления; созданная «Система» апробирована с использованием экспертных оценок и внесены соответствующие изменения с учетом поступивших предложений экспертов; сформулированы предложения по использованию различных критериев и показателей для оценки качества и эффективности медицинской деятельности на различных иерархических уровнях управления.</p> <p>Сформулированные принципы построения системы критериев и показателей для оценки медицинской деятельности послужат основой при разработке таких систем для управления здравоохранением на конкретных территориях и в медицинских организациях.</p> <p>Разработанная «Система» является комплексной и может служить основой для:</p> <ul style="list-style-type: none"> – разработки «Систем» по различным видам, профилям медицинской помощи; – мониторинга, позволяющего оценивать качество и эффективность деятельности соответствующих уровней управления и способствовать повышению эффективности управления здравоохранением в целом.

Получены теоретические данные о нормативно-правовых пробелах в регулировании права на медицинскую деятельность в Российской Федерации в Порядках оказания медицинской помощи, стандартах медицинской помощи, профессиональных стандартах; получены теоретические данные об отношении руководителей медицинских организаций к требованию соблюдения порядков оказания медицинской помощи в части обязательной структуры, оснащения, рекомендуемых штатов медицинских организаций; проведено сопоставление результатов выявляемых нарушений порядков оказания медицинской помощи с содержанием клинических рекомендаций, стандартов медицинской помощи; научно обоснованы организационно-правовые мероприятия создания механизмов актуализации порядков оказания медицинской помощи в целях повышения качества и безопасности медицинской деятельности.

Область применения результатов: управление здравоохранением.

Рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов НИР: результаты исследования могут быть рекомендованы для использования при организации информационного обеспечения на различных иерархических уровнях управления. Также результаты исследования позволят разработать предложения по созданию механизмов актуализации порядков оказания медицинской помощи в целях совершенствования качества и безопасности медицинской деятельности.

Значимость работы: результаты работы имеют теоретическое и практическое значение для совершенствования управления здравоохранением.

Исследование по теме «Научное обоснование совершенствования разработки информационных систем сбора и анализа показателей здоровья населения и деятельности системы здравоохранения».

Объектом исследования является действующая система организации оказания и оценки качества медицинской помощи, включая существующую технологию кодирования по МКБ-10 и собственно процесс преобразования клинического диагноза в статистический код.

Цель исследования: Обоснование и апробация использования современных методов информационных технологий и математического моделирования в мониторинге показателей здоровья населения и деятельности системы здравоохранения.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Методологический инструментарий, используемый для решения поставленных в настоящем исследовании задач, включает общенаучные и специальные методы: изучение и обобщение опыта, логический метод, анализ и синтез, абстрагирование, математическое моделирование, метод вывода на основе аналогии, метод формализации, экспертный метод, системный анализ, функциональная, объектно-ориентированная и алгоритмическая декомпозиции, активное и пассивное наблюдение, статистический анализ.</p> <p>Научная новизна исследования заключается в научном обосновании методических принципов использования лексического анализа при автоматизированной поддержке кодирования по Международной классификации болезней; впервые предлагается математическая модель определения степени влияния нарушений на исход заболевания для различных нозологических форм, которая позволяет в дальнейшем разрабатывать мероприятия по оптимизации и совершенствованию оказания медицинской помощи.</p> <p>Результаты:</p> <p>Создан промышленный прототип модуля лексического анализа в рамках системы автоматизированного кодирования, проведена его опытная эксплуатация и получено свидетельство Роспатента на данную систему.</p> <p>С использованием разработанного промышленного прототипа математической модели, способной выделять лечебно-диагностические мероприятия, определяющие достижение целевых показателей запланированного результата при оказании медицинской помощи проведена экспертиза 7720 случаев по 14 нозологиям с использованием методики определения причинно-следственных связей влияния нарушений на исход заболеваний. Выделены диагностические и лечебные мероприятия, влияющие на формирование исхода заболевания изолированно, только в сочетании с другими нарушениями и достоверно не оказывающие влияния на формирование исхода. Разработана методика, позволяющая оценить влияние нарушений на дальнейшее течение патологического процесса и на ее основе разработан исследовательский прототип соответствующей автоматизированной информационной системы.</p> <p>Область применения результатов.</p> <p>Создаваемый модуль лексического анализа в рамках системы автоматизированного кодирования пригоден как к применению непосредственно в момент кодирования, так</p>

	<p>и постфактум, актуальную (при определенной технологической доработке) для любой версии МКБ.</p> <p>Использование математической модели, позволяющей выделять лечебно-диагностические мероприятия, определяющие достижение целевых показателей запланированного результата при оказании медицинской помощи возможно в нескольких областях применения в деятельности органов управления здравоохранением, территориальных фондов, страховых медицинских организаций и медицинских организаций. Математическая модель может быть использована при проведении экспертных мероприятий (экспертизе качества медицинской помощи), а также в рамках контроля качества и безопасности медицинской деятельности – при установлении степени влияния нарушений при проведении диагностических и лечебных мероприятий на исход заболевания, в особенности при реализации соответствующей автоматизированной технологии.</p> <p>Результаты рекомендуются к внедрению в клиническую практику и практику клинико-экспертной работы. Приоритетным видится применение в медицинских организациях и органах управления здравоохранением, однако, возможно, также и применение в практике работы других экспертных организаций, например – страховых компаний.</p> <p>НИИИОЗ им. Н.А. Семашко</p> <p>Проведен анализ динамики смертности, продолжительности жизни населения трудоспособного возраста и вклада отдельных возрастных групп в изменение ожидаемой продолжительности жизни населения Красноярского края за период 2011–2018 гг. Выявлен рост ожидаемой продолжительности жизни в основном за счет лиц старше трудоспособного возраста, что увеличивает демографическую нагрузку и позволяет прогнозировать развитие нового демографического перехода – перехода в долголетие.</p> <p>НИИ КППЗ</p> <p>Иммуногистохимическое исследование эпителиоцитов слизистой оболочки желудка, выполненное у коренных жителей в Республике Тыва, продемонстрировало значительное увеличение маркеров пролиферации эпителиоцитов (Ki-67 и PCNA) и отсутствие существенных отличий показателей апоптоза (bcl-2 и p53) у больных с язвенной болезнью двенадцатиперстной кишки в сравнении со здоровыми лицами. Это приводило к сдвигу процессов клеточного обновления в желудке и являлось важным звеном в механизме развития патологии.</p> <p>НИИ медицинских проблем Севера ФИЦ КНЦ СО РАН</p>
117. Разработка научных основ профилактики основных заболеваний человека	

Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>В рамках разработки методологии выявления генетических маркеров на основе использования массового параллельного секвенирования с использованием образцов геномной ДНК человека, нуклеиновых кислот, выделенных из назофарингеальных мазков человека, проведена работа по созданию компонент диагностических систем для выявления маркеров наследственных заболеваний и маркеров повышенного риска развития онкологических, сердечно-сосудистых заболеваний и заболеваний иммунной системы под воздействием вредных производственных факторов.</p> <p>НИИ МТ</p>
<p>Фундаментальные и прикладные исследования по проблемам инфекционной эпидемиологии, медицинской микробиологии, вирусологии, паразитологии, инфекционной иммунологии, биотехнологии</p>	<p>Разработана ИФА тест-система для серотип-специфичного определения полисахаридных антигенов и выявления <i>S. pneumoniae</i> серотипов 3 и 9N в биологических жидкостях. Данный метод, в отличие от микробиологических, позволяет осуществлять серотипирование пневмококковой инфекции даже при антибиотикотерапии, что делает его удобным инструментом для эпидемиологических исследований. Аналогичный подход применим для идентификации большинства других циркулирующих серотипов <i>S. pneumoniae</i>.</p> <p>Разработана тест-система для количественного определения антител к вирусу гепатита E (VGE) методом непрямого иммуноферментного анализа с применением рекомбинантных антигенов, проведены ее лабораторные испытания. Показана её высокая диагностическая чувствительность (99,99%) и специфичность (90,0%) и отсутствие кросс-реактивности на образцах, содержащих IgG-антитела к возбудителям других вирусных гепатитов и патологий печени иной этиологии. Создана уникальная тест-система для количественного определения вирусоспецифического антигена в препарате вакцины против гепатита E.</p> <p>Разработаны новые иммунотерапевтические подходы, основанные на применении онколитических вирусов для лечения и контроля меланом человека. Показано, что вакцинные штаммы вируса паротита L-3 и кори L-16 эффективно реплицируются в исследованных линиях клеток меланомы человека, но не в клетках фибробластов человека. В</p>

результате инфекции наблюдается гибель злокачественных клеток. Показано, что онко-литические свойства вируса во многом определяются системой интерферонового сигнала клетки-хозяина. Таким образом, вирусы кори и паротита протестированы *in vitro* и *in vivo*, и их можно рассматривать в качестве потенциальных онколитических агентов. НИИВС им. И.И. Мечникова

Обобщены данные литературы об активности природных очагов клещевого энцефалита (КЭ) в Сихотэ-Алинском очаговом регионе (Приморском и Хабаровском краях, Еврейской автономной и Амурской областях) и примыкающим к нему эндемичным территориям Китая, Кореи, Японии. Отмечается циркуляция штаммов дальневосточного субтипа на всех территориях. Констатируется выделение штаммов европейского субтипа в Южной Корее и появление нового гималайского субтипа вируса КЭ (Him-TBEV) на территориях ранее неизвестных природных очагов Тянь-Шаня (Китай).

Леонова Г.Н. Клещевой энцефалит в дальневосточном очаговом регионе евразийского континента. ЖМЭИ. 2020; 97(2):150–158.

Леонова Г.Н., Сомова Л.М., Беликов С.И. Молекулярно-генетическая характеристика патогенности вируса клещевого энцефалита дальневосточного субтипа. Инфектология. 2020; 1:48–55.

Верифицированы случаи лихорадки Денге, завезенные на территорию юга Дальнего Востока, установлены генотипы вируса. Предложен алгоритм проведения исследований с использованием методов ИФА и ПЦР, позволяющий улучшить достоверность лабораторной диагностики лихорадки Денге.

Леонова Г.Н. Верификация случаев лихорадки Денге, завезенных на территорию юга Дальнего Востока. Клиническая лабораторная диагностика. 2020; 65(6).

Установлена *in vitro* противовирусная активность выбранного *in silico* соединения эпросартана в отношении высоко- и низковирулентных штаммов вируса клещевого энцефалита.

Леонова Г.Н., Майстровская О.С., Лубова В.А. Молекулярно-генетические основы ингибирования вируса клещевого энцефалита при воздействии эпросартана и рибавирина. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины 2020, 7, 66–71.

На модели *in vitro* установлены механизмы защитного действия специфических антител по отношению к ВКЭ. Показано, что специфический IgG оказывает комплексное ингибирующее действие на ВКЭ, обладая как прямой нейтрализующей активностью на вирус, так и снижая его адсорбцию и внутриклеточную репликацию.

<p>Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Leonova G. N. Mechanisms of Protective Actions of Specific Antibodies against the Tick-Borne Encephalitis Virus. <i>Bull Exp Biol Med.</i> 2020; 169: 657–660.</p> <p>Показана эколого-эпизоотологическая и эпидемиологическая значимость иксодовых клещей в циркуляции возбудителей клещевых инфекций на территории Приморского края. Представлены результаты исследования иксодовых клещей, снятых с людей в эпидемический сезон 2019 г., на зараженность возбудителями трансмиссивных инфекций. В иксодовых клещах, в сыворотках крови овец, лошадей детектировано наличие <i>C. burnetii</i>. Шутикова А.Л., Леонова Г.Н., Лубова В.А. Верификация моно- и микст-инфицированности переносчиков клещевых инфекций. Клиническая лабораторная диагностика. 2020; 65 (10):659–664.</p> <p>Лубова В.А., Леонова Г.Н., Шутикова А.Л., Бондаренко Е.И. Индикация возбудителя Ку-лихорадки на юге Дальнего Востока. Клиническая лабораторная диагностика. 2020;65 (11).</p> <p>НИИ ЭМ им. Г.П. Сомова</p> <p>При анализе геномов ряда штаммов стрептококков, полученных из различных источников установлено наличие в них геномного элемента <i>pbl1-like</i> со свойствами умеренного бактериофага, а также геномный остров патогенности размерами 55 тнп. Анализ штаммов энтерококков различных видов позволил выявить ранее неохарактеризованный бактериофаг <i>phita Efl_1</i>.</p> <p>ИЭМ</p>
<p>119. Молекулярная эпидемиология, экология возбудителей инфекций</p>	<p>Установлен разнонаправленный с общероссийскими показателями тренд региональной заболеваемости туберкулезом с момента эпидемического распространения ВИЧ-инфекции. На территории Иркутской области доминирующим субтипом <i>M. tuberculosis</i> генотипа Beijing является CC1, в то время как субтип CC2/W148 является вторым по распространенности и имеет наивысшие показатели множественной/широкой лекарственной устойчивости. При формировании и разращении туберкулемы, как модели очага туберкулеза, происходит ряд процессов, вызванных возбудителем туберкулеза и сател-</p>

литной микробиотой, сходных с процессами биоконверсии органических субстратов в живой природе.

Анализ заболеваемости инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи, в лечебно-профилактических организациях показал неблагоприятную эпидемиологическую ситуацию в стационарах, при которой этиологическим фактором развития нозокомиальных генерализованных гнойно-септических инфекций в большинстве случаев выступают трамотрицательные микроорганизмы, способные к биопленкообразованию.

НЦПСЗрч

Впервые в составе сибирского субтипа вируса клещевого энцефалита (ВКЭ) идентифицирована новая генетическая линия «Bosnia», ареал которой включает территории Боснии, Крымского полуострова, Центральной и Средней Азии. Подтверждена гипотеза о возникновении ВКЭ Байкальского субтипа в результате древней рекомбинации между штаммами Сибирского и Дальневосточного субтипов. Установлено, что разработанная перевиваемая линия клеток почки случайного хозяина ВКЭ – сибирской ночницы (MdbK) способна поддерживать репликацию Сибирского субтипа, однако с более низкой эффективностью репликации РНК и продукции инфекционного вируса по сравнению с репликацией в культуре клеток почки эмбриона свиньи.

Впервые в водном экстрате харитак *Tetrapalia chebula* выявлено три компонента, с высокой долей вероятности обладающие противовирусной активностью. Обнаруженные вещества могут быть идентифицированы как корилагин, тригаллоилглукоса или β пуникалагин.

НЦПСЗрч

Проанализированы и оценены противозидемические мероприятия, которые были применены в условиях эпидемии новой коронавирусной инфекции Covid-19. Предложены меры, способствующие более эффективному управлению эпидемическим процессом при Covid-19.

Анализ многолетней заболеваемости гепатитом А (ГА) в Республике Тыва – единственным регионе Российской Федерации, с программой массовой вакцинации детей против ГА однократной дозой вакцины, продемонстрировал, что данная программа позволила кардинальным образом снизить и практически элиминировать регистрируемую заболеваемость.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>На основании изучения динамики заболеваемости гепатитом А в России, формировании значительной группы лиц, не имеющих анти-ВГА, и анализа вспышки ГА в США, продолжающейся уже четвёртый год, сделан вывод о возможном возникновении вспышек ГА на территории нашей страны. Это определяет необходимость разработки программы по профилактике ГА в России.</p> <p>В области аллергологии и иммунологии создана система для мониторинга аллергических и пирогенных соединений в окружающей среде. Представленная система позволит выявить различные аллергенные компоненты пыли и, на основании алгоритма, спрогнозировать целесообразность проведения элиминационных мероприятий.</p> <p>НИИВС им. И.И. Мечникова</p> <p>Установлены особенности конкурентных и синергидных внутривидовых и межвидовых взаимодействий проکاریот – возбудителей сапронозов (<i>X. pseudotuberculosis</i>), зоонозов (<i>S. Enteritidis</i>, <i>S. typhimurium</i>), а также представителей нормальной микрофлоры кишечника человека (<i>E.coli</i>) в поликультуральной биоценке. Показано, что в условиях биопленкообразования <i>E.coli</i> способны передавать плазмиды резистентности к отдельным антибиотикам <i>S. enteritidis</i>, повышая их антибиотикостойчивость. Показана способность экзотоксинов почвенных бактерий сапрофитов оказывать влияние на рост и размножение микробных сообществ независимо от температурных условий совместного культивирования. Документирована стимуляция роста патогенных бактерий при совместном культивировании с морскими сапрофитными микроорганизмами в поликультуральных биопленках. Результаты являются новыми и вносят вклад в формирование представлений о биологическом значении внутривидовых и межвидовых взаимодействий проکاریот.</p> <p>Выполнен анализ этиологической значимости различных плазмидных типов <i>S. Enteritidis</i> в период 1995–2018 гг. Установлено, что популяции <i>S. Enteritidis</i> свойственна гетерогенность и относительно стабильность структуры, определяемая наличием в ней основных и редко выявляемых плазмидных типов микроба. Показано, что плазмидный тип, содержащий одну плазмиду вирулентности 59 kb (38 MDa), является доминирую-</p>

щим в большинстве стран мира, в том числе и в России. Проведено полногеномное секвенирование штамма *Salmonella Enteritidis* PT 38:1,4 MDa, выделенного в Приморском крае из куриного мяса. Установлено, что полный геном, зарегистрированный в GenBank (JACGEM000000000), родственен штаммам, выделенным от кур в Китае, Южной Корее, Чехии и Польше. Заключается, что изменения генетических свойств популяции *S. Enteritidis* представляют собой непрерывный процесс, позволяющий микроорганизмам адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды.

Выполнены исследования по изучению механизмов сохранения патогенного потенциала устойчивых клеточных форм возбудителей природно-очаговых сапронозов в межэпидемические периоды. Разработана лабораторная модель формирования субпопуляции устойчивых форм бактерий для использования в молекулярной микробиологии, основанная на имитировании многолетнего воздействия неблагоприятных условий внешней среды на микроорганизмы. Показана возможность реверсии дормантных форм *Y. pseudotuberculosis* в вегетативные (восстановление морфологических, тинкториальных, культуральных и (частичное) биохимических свойств) через месяц после заражения экспериментальных животных. Выявлено отсутствие характерной для штамма плазмиды массой 48 MDa. Полученные результаты являются новыми, вносят вклад в формирование представлений о биологическом значении устойчивых форм бактериальных клеток в сохранении микробной популяции в чрезвычайных условиях и являются основой для создания современной антибактериальной стратегии лечения инфекционных заболеваний.

НИИ ЭМ им. Г.П. Сомова

Завершены клинические исследования инактивированной полиомиелитной вакцины, изготовленной на основе аттенуированных штаммов Сэбина.

Успешно завершен полный цикл клинических исследований, в том числе для применения у детей, инновационной инактивированной полиомиелитной вакцины на основе штаммов Сэбина. Вакцина обладает существенно более высоким профилем безопасности по сравнению с зарубежными аналогами при сохранении необходимого уровня иммуногенности. Препарат предназначен для импортозамещения зарубежных вакцин, изготавливаемых на основе диких штаммов полиовирусов. В настоящее время вакцина проходит завершающие административные процедуры по государственной регистрации препарата с целью последующей организации его производства и поставок в интересах исполнения Национального календаря прививок.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Целью работы являлось продолжение изучения некоторых аспектов молекулярно-генетической и биологической характеристики штаммов вирусов гепатита А (ВГА) и гепатита Е (ВГЕ), циркулирующих среди различных видов приматов. Продолжение сравнительного серологического и молекулярно-генетического анализа геноизлятов ВГА и ВГЕ от различных видов обезьян, как родившихся и содержащихся в Адлерском приматологическом центре, так и от импортированных животных.</p> <p>Сравнительное изучение серологических и молекулярно-генетических маркеров ВГЕ-инфекции у рожденных в питомнике макак-резусов, а также у сотрудников НИИ медицинской приматологии (по данным 2020 года). Было показано, что общая частота обнаружения анти-ВГЕ IgG среди сотрудников приматологического центра 8,4% ($n = 95$) оказалась значительно ниже ($p \leq 0,001$), чем у обезьян (макак-резусов) – 69,2% ($n = 78$). Более того, процент серопозитивных лиц среди обслуживающего персонала питомника оказался даже ниже ($p \geq 0,05$), чем среди сотрудников, не связанных по роду своей деятельности с обезьянами – административный и технический персонал (9,7% и 13,9% соответственно). Возраст серопозитивных к ВГЕ сотрудников варьировал от 28 до 61 года. Показатели реактивности сывороток в отношении ВГЕ составили для анти-ВГЕ IgG (0,318-1,723 ОП450). Среди научных сотрудников и лаборантов научных подразделений ($n=28$), которые также имели контакт с обезьянами, либо с материалами от них, серопозитивные к ВГЕ лица отсутствовали. Сероэпидемиологические данные, полученные в настоящей работе, также как и ранее полученные в 2016 году, не подтверждают предположение о способности обезьян рода макак быть источником ВГЕ-инфекции для человека.</p> <p>Анализ результатов, полученных при изучении ВГЕ-инфекции у импортированных обезьян (макак яванских) за период 2014–2018 гг., свидетельствуют о высокой частоте (51,8%) обнаружения антител класса G к ВГЕ у обезьян 5 обследуемых групп. Вместе с тем, частота выявления антител класса M была достоверно ($p \leq 0,05$) ниже и составила 10,1%. Это подтверждает литературные данные, в которых анти-ВГЕ были обнаружены только у обезьян рода макак, а также данные, полученные при серологическом мониторинге ВГЕ среди обезьян Адлерского питомника, который регулярно проводится с 1999 года.</p>

При изучении молекулярно-генетических маркеров ВГЕ-инфекции, у 7 импортных макак яванских (3,1%) из Вьетнама нами была обнаружена РНК ВГЕ, а все последовательности принадлежали к IV генотипу. По нашей информации, это первый зарегистрированный случай инфекции ВГЕ-4 у макак яванских. Кроме того, все автохтонные последовательности ВГЕ из России принадлежат к генотипу 3; единственный штамм ВГЕ-4, обнаруженный в России, был импортирован из Корсики в 2012 году.

Молекулярно-генетический маркер ВГА-инфекции (РНК ВГА) не выявлялся у макак-резусов и яванских (n=45), рожденных в Адлерском питомнике и погибших от патологии желудочно-кишечного тракта в 2020 году. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии острых случаев ВГЕ-инфекции среди погибших обезьян.

В связи с актуализацией проблемы пандемии covid-19 в 2020 отчетном году работа была сосредоточена на сборе полевого материала от летучих мышей. Коронавирусы трех видов рукокрылых рода *Rhinolophus* стали причинами эпидемий SARS, MERS и пандемии covid-19. Уникальность территории города-курорта Сочи состоит в том, что здесь находятся северные грани ареалов четырех видов подковоносов. В пещерах, заброшенных бомбоубежищах и подвалах домов было отловлено 138 особей летучих мышей следующих видов: малый подковонос (39 особей), большой подковонос (71 особь), южный подковонос (16 особей), длиннокрыл обыкновенный (8 особей). Длиннокрыл обыкновенный относится к роду *Miniopterus*. Собирали ротовые смывы от 130 особей, фекалии от 128 животных, а поврежденных и больных летучих мышей вскрывали для сбора образцов внутренних органов (25 экз.).

Весь полевой материал был заложен на хранение при -70°C, а затем отправлен на метагеномные исследования в Институт вирусологии им. Д.И. Ивановского Минздрава России, г. Москва.

В результате проведенных исследований определена высокая степень инвазивности обезьян, как больных, так и погибших. Анализ полученных данных по ассоциативным связям патогенных кишечных палочек с паразитарной инвазией показал, что при низкой концентрации, как энтероинвазивных, так и энтеропатогенных кишечных палочек чаще наблюдаются моноинвазии. Полиинвазии чаще ассоциируются с патогенными кишечными палочками в высокой или умеренной концентрации. Было отмечено, что среди паразитарных инвазий, обнаруживаемых у обезьян с кишечной патологией, как у больных, так и погибших, преобладает присутствие протозойных паразитов.

НИИ МП

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Мониторинг за циркуляцией ортомиксовирусов (вирус гриппа) и парамиксовирусов у диких и домашних птиц, проводимый с целью выявления патогенных вариантов для человека и животных, позволил выделить 74 изолята вируса гриппа и паравирусов различных типов. Проводится сиквентс полученных изолятов и их депонирование в виде штаммов вирусов в Государственную коллекцию вирусов. Выявлено 6 очагов циркуляции высокопатогенных вирусов гриппа H5N8 субтипа, обладающих реальным пандемическим потенциалом. Выделены изоляты вируса, изучены их биологические свойства, сделан сиквентс генома. Установлено, что на территории России циркулируют варианты высокопатогенных вирусов гриппа H5N8 субтипа, ранее выявленные на территориях Европы (Голландия, Болгария, Южная Германия).</p> <p>Полученные сведения о вирусах птичьего гриппа Евразии позволили идентифицировать большой набор реассортантов H5 NPAI. Выявлено 7 основных реассортантных вирусов H5, имеющих различные комбинации сегментов генов. Предложена филогенетическая схема реассортационных событий, связанных с географическими группами водоплавающих птиц и их миграционными путями.</p> <p>В составе международной группы (Россия, Япония, Вьетнам, Монголия, Аляска) осуществлен анализ более 40 тысяч лабораторно проанализированных полевых записей по выделению вирусов гриппа птиц в Азиатско-Тихоокеанском регионе; выбраны 157 точек наблюдения и сбора материала, 110 циркулирующих низкопатогенных субтипов вируса гриппа птиц, 32 вида птиц в качестве хозяев-переносчиков; создан уникальный алгоритм для изучения резервуаров вирусов, анализа больших данных, составления прогнозов и изучения последующих эпизоотий.</p> <p>Собрано свыше тысячи биологических образцов от больных ОРВИ людей, проведенная дифференциальная диагностика для выявления конкретного патогена, вызывающего заболевание; проводится выделение вирусных изолятов и изучение их молекулярно-генетических свойств. Проводится диагностика на наличие в собранных образцах коронавируса, вызывающего КОВИД-19. Выделено 9 оригинальных изолятов коронавируса, относящегося к SARS-CoV2. Создан банк сывороток крови людей, переболевших коронавирусом SARS-CoV-2. Показана возможность изоляции коронавируса SARS-CoV-2 на</p>

	<p>культурах клеток млекопитающих, пресмыкающихся и рыб. В очищенном вирусном препарате, инактивированном в лизирующем растворе, сохраняется антигенная специфичность трех структурных вирусных белков (S, N, и M), выявляемых антителами сывороток крови реконвалесцентов с диагнозом COVID-19.</p> <p>Обследовано 386 медицинских работников амбулаторно-поликлинического звена г. Новосибирска, из общего числа которых IgG-антитела к SARS-CoV-2 в сыворотке крови были обнаружены у 8,42%. В группе сотрудников, у которых были выявлены специфические антитела к SARS-CoV-2, развернутая клиническая картина острого вирусного процесса разной степени тяжести наблюдалась у 28,12% лиц. У 71,88% лиц с наличием IgG-антител имело место бессимптомное течение новой коронавирусной инфекции. Следовательно, положительный иммуноферментный анализ на наличие специфических антител класса IgG к антигенам SARS-CoV-2 позволяет ретроспективно подтвердить диагноз. При бессимптомном течении коронавирусной инфекции наличие IgG-антител может служить подтверждением имевшегося контакта с вирусными антигенами, что дает возможность провести необходимые мероприятия реабилитационного характера для эффективного восстановления функциональных и структурных повреждений, которые могут иметь место даже при перенесенной бессимптомной форме коронавирусной инфекции. Проведение реабилитации при установлении SARS-CoV-2 как этиологического фактора перенесенного инфекционного процесса, необходимо для предотвращения возможного ухудшения состояния по имеющимся фоновым заболеваниям.</p>
<p>120. Механизмы взаимодействия патогенов с эукариотической клеткой, а также с системами врожденного и приобретенного иммунитета</p>	<p style="text-align: center;">ФИЦ ФТМ</p> <p>В рамках исследований, направленных на выявление ассоциации молекулярно-генетических маркеров врожденного иммунитета с аллерго- и аутоиммунной патологией, подготовлены к регистрации: «Способ детекции IgE-аутоантител у пациентов с хроническими иммуноопосредованными заболеваниями органов дыхания (БА, ХОБЛ и их сочетанное течение) и предикции формирования легочной эмфиземы», «Способ количественного определения IgE и IgG4 аутоантител при бронхиальной астме.»</p> <p>При изучении клинико-иммунологических особенностей течения и роли факторов вирусно-бактериальной природы в формировании хронических воспалительных заболеваний бронхолегочной системы выявлены количественные и качественные различия в составе микрофлоры мокроты у пациентов бронхиальной астмой и ХОБЛ в зависимости</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>от фенотипа заболевания и степени тяжести. Представленные результаты позволяют рекомендовать в комплексной терапии БА использование симбиотиков.</p> <p>Показано, что содержание регуляторных В-лимфоцитов в крови пациентов с аутоиммунной патологией может рассматриваться в качестве прогностического показателя тяжести течения заболевания.</p> <p>НИИВС им. И.И. Мечникова</p>
121. Создание новых поколений вакцин против вирусных и бактериальных инфекций	<p>Федеральная служба по интеллектуальной собственности наградила дипломом в номинации «100 лучших изобретений России за 2019 год и первое полугодие 2020 года» за разработку «Штамм «GigaVax» для получения аттенуированной живой культуральной вакцины для профилактики ветряной оспы» (патент Российской Федерации № 2693440).</p> <p>Создан отечественный аттенуированный штамм Rub –Apt вируса краснухи, определены маркеры биологической аттенуации, подтверждена подлинность этого штамма. Создан банк производственного штамма вируса краснухи (master seed lot) и посевного вируса (working seed lot) для создания отечественной вакцины.</p> <p>Получены результаты о высокой иммуногенности сайт-специфических мутантов вируса гриппа на модели штамма, относящегося к серотипу H1N1. При оценке эффективности гриппозных вакцин с высокой гетеросубтипической защитой, приготовленных на основе сайт-специфических мутантов, показано, что наибольший защитный эффект наблюдался при использовании всего набора плазмид, содержащих консервативные эпитопы и полноразмерные белки NP и M1. Этот факт свидетельствует о том, что эффективность универсальных гриппозных вакцин зависит от количества В-клеточных и Т-клеточных консервативных эпитопов, вовлечённых в иммунизацию.</p> <p>Получены специфические поливалентные пневмококковые сыворотки 12 наименований. Изучена специфическая активность полученных препаратов и перекрестная активность сывороток в отношении серотипов всех 46 групп S.pneumoniae. Создана и зарегистрирована УНУ Коллекция НИИВС им И.И. Мечникова, включающая 1779 штаммов 93 видов бактерий и грибов.</p> <p>НИИВС им. И.И. Мечникова</p>

Завершены доклинические испытания цельновирионной инактивированной поливалентной вакцины для профилактики геморрагической лихорадки с почечным синдромом.

Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) – острое вирусное заболевание, занимающее в России ведущее место среди зоонозных вирусных инфекций и одно из первых мест среди всех природно-очаговых болезней человека. Отсутствие специфических средств лечения и профилактики обуславливают высокую социальную и медицинскую значимость проблемы ГЛПС в России.

В ФГБНУ «ФНЦИРИП им. М.П. Чумакова РАН» впервые в мире на основе отечественных штаммов вирусов – возбудителей ГЛПС разработана технология изготовления и методы контроля поливалентной инактивированной, культуральной, концентрированной, очищенной вакцины против ГЛПС. В настоящее время аналогов такой вакцины в мире не существует. Универсальность вакцины позволяет рассматривать её в качестве наиболее перспективного вакцинного препарата для специфической профилактики ГЛПС как в России, так и в других европейских и азиатских странах.

Кандидатная вакцина для профилактики ГЛПС успешно прошла комплексные доклинические испытания с применением научных методов оценок, соответствующих требованиям и правилам надлежащей лабораторной практики (GLP), что явилось основанием для получения официального заключения о соответствии вакцины требованиям, предъявляемым к медицинским вакцинам, вводимым людям, и тем самым позволяет перейти к проведению клинических испытаний.

Широкое внедрение вакцины в практику здравоохранения позволит в значительной степени уменьшить тяжесть социально-экономических последствий, связанных с высокой заболеваемостью ГЛПС, сопровождающейся нередко летальным исходом.

ФНЦИЗИП им. М.П. Чумакова РАН

Разработана технология изготовления цельновирионной инактивированной вакцины для профилактики коронавирусной инфекции Covid-19 «ВАКЦИНА КОРОНАВИРУС-НАЯ».

Основные этапы разработки и испытания вакцины:

- 1) Фундаментальное изучение вируса и изоляция вакцинного штамма.
- Собраны и изучены (секвенированы) более 200 образцов SARS-CoV-2 от больных.
- Пассирован ряд образцов, отобран наиболее пригодный в качестве посевного штамма будущей вакцины. Последовательности задепонированы в базу данных GISAID.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Поставлены опыты на животных (мыши, крысы, приматы) по изучению клинической картины заражения. 2) Отработка лабораторной технологии, масштабирование до опытно-промышленного уровня. <ul style="list-style-type: none"> • Подобрана клеточная культура (VERO), технологические параметры эффективного наращивания вирусной массы. • Подобраны способ и режимы инактивации вируса, методика карантинирования, контроля полноты инактивации. • Разработана технология очистки и концентрирования вирусного сбора, сорбирования на адъювант (гидроксид алюминия) и изготовления готовой лекарственной формы (ампула 0,5 мл). 3) Доклинические исследования. <ul style="list-style-type: none"> • Проведен минимальный объем доклинических исследований на лабораторных животных (мыши, крысы, приматы) для допуска к клиническим исследованиям в соответствии с нормами Постановления Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2020 г. № 441 "Об особенностях обращения лекарственных препаратов для медицинского применения, которые предназначены для применения в условиях угрозы возникновения, возникновения и ликвидации чрезвычайной ситуации и для организации оказания медицинской помощи лицам, пострадавшим в результате чрезвычайных ситуаций, предотвращения чрезвычайных ситуаций, профилактики и лечения заболеваний, представляющих опасность для окружающих, заболеваний и поражений, полученных в результате воздействия неблагоприятных химических, биологических, радиационных факторов". 4) Клинические исследования. <ul style="list-style-type: none"> • Двойное слепое плацебо-контролируемое рандомизированное исследование переносимости, безопасности и иммуногенности вакцины коронавирусной инактивированной цельновирионной концентрированной очищенной сорбированной, на добровольцах в возрасте 18–60 лет. Численность: 600 чел. Начало производства при условии успешного завершения клинических исследований и регистрации – февраль 2021 года.

Разработана система прогнозирования потенциальных ингибиторов репродукции коронавируса SARS-CoV-2, ставшего причиной пандемии COVID-19 в 2020 г.

В сотрудничестве со Страсбургским университетом разработана система прогнозирования потенциальных ингибиторов репродукции коронавируса SARS-CoV-2, ставшего причиной пандемии COVID-19 в 2020 г. В основе прогноза лежит метод генеративного топографического картирования (GTM), позволяющий выделить известные противовирусные препараты на карте химического пространства малых молекул и найти среди последних ранее не исследованные соединения, обладающие сходной локализацией и, как следствие, с высокой вероятностью обладающие целевым свойством. Карты GTM позволяют также предлагать перспективные варианты перепозиционирования допущенных к применению противовирусных и других лекарственных препаратов. Ведётся экспериментальное исследование эффективности ингибирования репродукции SARS-CoV-2 соединениями, предложенными на основе прогноза методом GTM, с целью разработки на их основе противовирусных лекарственных средств.

ФНЦИЗИП им. М.П. Чумакова РАН

Сконструирована и исследована протективная эффективность живой вакцины на основе пробиотического штамма *Enterococcus faecium* L3, в структуру пилей которого с помощью генно-инженерных подходов встроены консервативные эпитопы патогенной бактерии или вируса. В результате перорального приема пробиотика в организме индуцируется образование протективных иммуноглобулинов (классов А и G). На данной платформе созданы кандидатные вакцины против патогенных стрептококков, пневмококков, а также вируса гриппа.

Изучено защитное действие ассоциированной вирус-бактериальной вакцинации на основе живой гриппозной вакцины (ЖГВ) и рекомбинантных пептидов стрептококков группы В против гриппозной инфекции, осложненной стрептококковой суперинфекцией (ассоциированная тривакцина). Показано, что вакцинация мышей тривалентной ЖГВ значительно снижает содержание заражающего вируса и бактериальной нагрузки в легких на модели постгриппозной пневмонии.

В 2020 г. подготовлено 11 новых вакцинных штаммов живой гриппозной вакцины (7 штаммов типа А и 4 штамма типа В).

ИСМ

<p>Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
<p>122. Средства профилактики и лечения, направленные на активацию врожденного и адаптивного иммунитета</p>	<p>В настоящее время проводится разработка новой лекарственной формы вакцины микробного происхождения Иммуновак ВП-4 (спрей), предназначенной для профилактики респираторных инфекций, вызываемых патогенами разных таксономических групп, включая SARS-CoV-2. Активно разрабатываются методические подходы с использованием РНК-интерференцией для блокировки экспрессии клеточных генов, участвующих в репродукции разных респираторных вирусов.</p> <p>НИИВС им. И.И. Мечникова</p> <p>Выполнены исследования по изучению способности полисахаридов из морских бактерий (<i>Cobetia litoralis</i> KMM 3890T, <i>Idiomarina abyssalis</i> KMM 227T, <i>Pseudoalteromonas nigritaciens</i> KMM 156) повышать иммуногенность вакцинных антигенов в условиях иммуносупрессии. Введение мышам с иммуносупрессией, индуцированной дексаметазоном, вакцинных композиций, содержащих стандартный иммуноген овалбумин и исследуемые образцы полисахаридов, приводило к развитию сильного иммунного ответа, включающего выработку специфического ОВА-специфических IgG. Механизм действия ПС связан с усилением продукции Th1 (IL-2, IL-12, IFN-γ) и Th2 (IL-10) цитокинов, регуляции иммунокомпетентных органов, восстановлением функциональной активности клеток врожденного иммунитета.</p> <p>Результаты являются новыми и свидетельствуют о перспективности использования БАВ из морских гидробионтов в условиях иммуносупрессии.</p> <p>Изучена противовирусная активность нативного фукоидана из бурых водорослей <i>Fucus evanescens</i> (FeF) и его стандартизированного фрагмента (FeHMP), полученного с помощью ферментативного гидролиза, в отношении вирусов герпеса (HSV-1, HSV-2), энтеровируса (ECHO-1) и вируса иммунодефицита человека (HIV-1). Установлено, что FeF и FeHMP <i>in vitro</i> ингибировали репликацию вирусов и были наиболее эффективны против HSV-2. Парентеральное введение полисахаридов в дозе 10 мг/кг защищало 44-56% животных от летальной вагинальной HSV-2-инфекции. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования фукоиданов из <i>Fucus evanescens</i> в качестве основы для создания противовирусных препаратов широкого спектра действия.</p>

	<p>Установлена <i>in silico</i> способность спинохромов морского ежа – эхинохрома A (EchA) и его аминированных аналогов, эхинаминов A (EamA) и B (EamB) связываться с HSV-1-поверхностным гликопротеином – gD. Показана способность соединений ингибировать различные стадии HSV-1-инфекции в клетках Vero и снижать индуцированную вирусом продукцию реактивных формы кислорода (АФК). Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования спинохромов морского ежа в качестве противовирусных препаратов.</p> <p>Подготовлена и издана монография «Функциональные пищевые продукты на основе полисахаридов из морских водорослей», посвященная фундаментальным и прикладным аспектам использования этих биологически активных соединений.</p> <p>НИИ ЭМ им. Г.П. Сомова</p>
<p>123. Разработка нового поколения противовирусных, антибактериальных и противогрибковых лекарственных препаратов</p>	<p>Показано, что использование фаготерапии для симптоматической терапии хронических инфекций возможно при условии постоянной оптимизации состава лечебной смеси за счет новых, более активных фагов, способных лизировать возникающие устойчивые варианты бактерий. Последовательное использование моновидовых фаговых композиций в фаготерапии может быть более оправдано с точки зрения пролонгированного использования, при этом их эффективность может быть сравнима с производимыми коммерческими мультивидовыми препаратами.</p> <p>Молекулярно-генетический анализ вирусов гриппа А (H1N1) и (H3N2), входящих в состав гриппозных вакцин 2020–2021 гг., показал наличие мутации в белке M2 в положении S31N, ответственной за резистентность к римантадину и отсутствие мутаций в гемагглютанине и нейраминидазе, ответственных за резистентность к умифеновиру и ингибиторам нейраминидазы соответственно.</p> <p>Показано, при ВИЧ ассоциированном туберкулезе не отмечается увеличения числа мутаций, ведущих к лекарственной устойчивости. Данный показатель остается сопоставимым с уровнем лекарственной устойчивости у лиц с моноинфекцией ВИЧ. Выявлено, что у пациентов с ко-инфекцией ВИЧ/ТБ на поздних стадиях ВИЧ-инфекции, по сравнению с пациентами с моноинфекцией ТБ и с моноинфекцией ВИЧ, наблюдается значительное снижение выработки ИЛ-17, который играет одну из ключевых ролей в образовании грануломы и контроле роста. Сниженная экспрессия ИЛ-17 коррелирует с тяжестью форм ТБ. В свою очередь, установленная пониженная продукция ИЛ-17 у лиц с</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>моноинфекцией ВИЧ, может способствовать повышенной восприимчивости к инфекции <i>M. tuberculosis</i>, наблюдаемой при ВИЧ-инфекции.</p> <p>НИИВС им. И.И. Мечникова</p> <p>Исследованы микробные сообщества из различных источников: гнезд черного садового муравья, кишечника тропических диплопод, а также из пост-ферментированного чая Fujian. Получено 132 актиномицета-продуцента антибиотиков, проявляющих активность в отношении резистентных тест-штаммов бактерий. На длительное хранение заложено 68 продуцентов; штаммы описаны и паспортизированы. Продолжена работа с Коллекцией ИНА. Отобрано 5 продуцентов противогрибковых веществ из ранее выделенных и депонированных штаммов, для видов которых ранее такие свойства не были известны. В результате отбора выявлены перспективные объекты для химического изучения образцовых антибиотиков.</p> <p>Обобщены результаты исследований по скринингу, культивированию штаммов-продуцентов экстремофильных микроскопических грибов, подбору методов выделения и очистки антимикробных соединений, химическое и биологическое изучение антибиотиков пептидной природы. Установлены структуры ряда биологически активных соединений, продуцируемых микроорганизмами, изучены их физико-химические характеристики, пути биосинтеза и механизм действия для ранее найденных соединений. В результате работы отобраны штаммы – продуценты антибиотиков с антибактериальной, противогрибковой активностью, цитотоксичностью, а также активные в отношении мультирезистентных бактерий, образующих биопленки. Выделены продуценты новых биологически активных соединений, перспективные для дальнейшего изучения с целью разработки новых природных противогрибковых и противопухолевых антибиотиков.</p> <p>Изучены биологические свойства новых синтетических антибиотиков триндолол-метанов – аналогов природного антибиотика турбомицина, синтезированных в ФГБНУ «НИИНА». Показано, что некоторые гибридные соединения, содержащие в своей структуре дополнительный малеимидный фрагмент, обладают сниженной токсичностью и не имеют выраженной антимикробной активности. Вместе с тем они высоко активны в</p>

тесте *H. salinarum*, применяемом для обнаружения ИБС и противоопухолевых антибиотиков, что свидетельствует о целесообразности проведения дальнейших химических модификаций трииндолилметанов для разработки на их основе новых противоопухолевых антибиотиков.

По программе комплексных межлабораторных исследований открытого в Институте оригинального противобактериального антибиотика № 5812-ИНА, как принципиально нового липогликопептидного соединения, продолжена биотехнологическая разработка штамма-продуцента. Проведены исследования влияния первичных метаболитов на образование антибиотика. Получены данные о влиянии некоторых первичных метаболитов на биосинтез антибиотика, которые послужат основой для развития метода изучения регуляторных мутантов продуцента. Модернизирован промышленный штамм-продуцент противоопухолевого антибиотика оливомиицина. Получен новый штамм-продуцент оливомиицина ИНА-813, отнесенный к *Streptomyces olivaceisclostricus* с критерием томологии более 97%. Описанные генно-систематические и культурально-морфологические признаки штамма ИНА-813 являются основанием для заявки продуцента на патент Российской Федерации.

Изучена антибиотическая активность новых соединений, представляющих собой основания Шиффа с редокс-активными пирокатехиновыми фрагментами. Отобраны соединения, активные в отношении *S. aureus*. Эти соединения проявили также выраженное цитотоксическое действие в опыте на линии опухолевых клеток MCF-7. IC50 этих соединений варьировала в диапазоне 4–7 мМ.

Продолжены фундаментальные исследования по избирательной химической модификации, изучению свойств, связи «структура-активность» и механизмов действия новых антибиотиков: гликопептида группы ванкомицина-эремомиицина, аминокликозида канамидина, полиенов группы амфотерицина В, олигомицина А, индол- и малеимид-содержащих гетероциклов и их аналогов, а также борол-содержащих производных и оливомицина А, обладающих антимикробной активностью. Получены новые аминоалкил- и аминокликоксиамиды эремомиицина. Показано, что в большинстве случаев новые амиды эремомиицина достоверно более активны, чем ванкомицин и эремомицин в отношении как чувствительных, так и ряда резистентных к гликопептидам штаммов грамположительных патогенов. С целью получения производных AmB с более низкой самоагрегацией и улучшенной растворимостью была синтезирована серия амидов AmB, содержащих дополнительную аминогруппу во вводимом остатке. Скрининг противогрибковой актив-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>ности <i>in vitro</i> показал, что N-(2-аминоэтил)амид AmB (амфамид) обладает более высокой противогрибковой активностью в сравнении с исходным AmB.</p> <p>Проведено изучение возможности развития резистентности стафилококков к даптомицину в широком диапазоне доз антибиотика для ряда штаммов <i>S. aureus</i> в динамической системе, моделирующей фармакокинетические профили препарата при его многократном введении. Результаты проведенной работы подтвердили применимость теории «окна селекции мутантов» к даптомицину. Обнаружено, что терапевтический режим применения даптомицина обеспечивал практически полную рестрицию даптомицин-резистентных мутантов стафилококка. Обогащение популяции резистентными мутантами стафилококка наблюдалось только при моделировании субтерапевтических режимов применения даптомицина.</p> <p style="text-align: center;">НИИНА</p> <p>Проведено исследование по изучению на групповом уровне динамики количества фагочувствительных изолятов бактерий, соответствующих специфичности подобранных литических бактериофагов, при назальном использовании очищенных фаголизатов. Изучена на групповом уровне динамика количества фагочувствительных изолятов бактерий, соответствующих специфичности подобранных литических бактериофагов, при пероральном использовании очищенных фаголизатов. Разработаны праймеры с подбором условий реакции для определения методом ПЦР подобранных бактериофагов (<i>Staphylococcus aureus</i> CN1; <i>Escherichiacoli</i> EC1-7) в образцах биологического материала животных, в объектах окружающей среды и при исследовании фагочувствительных изолятов бактерий. Проведено на групповом уровне сравнение анализа распространения и элиминации ДНК подобранных бактериофагов у обезьян, содержащих или не содержащих фагочувствительные изоляты бактерий.</p> <p style="text-align: center;">НИИ МЧ</p> <p>Исследованы цитотоксические свойства ряда антимикробных пептидов (АМП) врожденного иммунитета и их структурных аналогов в отношении опухолевых клеток <i>in vitro</i>, установлены синергические эффекты при совместном действии исследуемых АМП</p>

	<p>с химиопрепаратом доксорубицином на опухолевые клетки, в том числе устойчивые к доксорубину. Получены новые данные, свидетельствующие о том, что белок комплемента C3 и/или его производное C3b могут быть молекулярными мишенями, опосредующими модуляцию комплемента природными β-структурными АМП, что подтверждает перспективность использования синтетических аналогов природных АМП, как прототипов лекарственных средств комплексного действия, сочетающих свойства антимикробных, противоопухолевых, стресс-протективных соединений, модуляторов комплемента.</p> <p>ИЭМ</p>
	<p>IX. Науки о Земле</p>
<p>124. Геодинамические закономерности вещественно-структурной эволюции твердых оболочек Земли</p>	<p>В результате изотопно-геохронологического (U-Th-Pb, Lu-Hf) изучения обломочных цирконов был обоснован мезо-неопротерозойский (1,2 – 0,9 млрд лет) интервал накопления древнейших осадочных комплексов, обнаженных на уровне современного эрозийного среза Актау-Моинтинского террейна (Центральный Казахстан). Возрасты исследованных цирконов, находящиеся в диапазонах 1149–2105 и 2354–3159 млн лет, указывают на участие в строении питающих провинций докембрийских магматических пород мезо-, палеопротерозойского и нео- и мезархейского возрастов. Комбинация результатов U-Th-Pb и Lu-Hf характеристик обломочных цирконов показала, что основные этапы роста докембрийской континентальной коры террейна были в неоархее (2,7–2,5 млрд лет), палео- и мезопротерозое (1,8–1,6 млрд лет; 1,4–1,2 млрд лет). При этом на протяжении мезоархее-неопротерозоя формирование ювенильной континентальной коры массива происходило одновременно с магматической переработкой комплексов более древней коры и только в среднем мезопротерозое преобладало ювенильное.</p> <p>Реконструирована геологическая эволюция северо-восточной части Таймырской окраины Сибирского палеоконтинента в позднем неопротерозое. Она включает коллизию с океанической островной дугой (800–770 млн лет назад), последующую смену полярности субдукции и длительный этап вулканизма (750–620 млн лет назад) на активной окраине Сибири. Режим активной окраины прекратился в венде в результате коллизии с Карским сегментом Балтики.</p> <p>Разработана модель геодинамической эволюции активной окраины северо-восточной Евразии в позднемеловое – кайнозойское время, в которой установлено различие в тектоническом развитии Немуро-Малокурийского и Камчатско-Олюторского сегментов</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>активной окраины северо-восточной Азии. Сравнительный анализ представительного ряда осадочных бассейнов с привлечением данных математического и тектонофизического моделирования позволил установить, что фундаментальной особенностью зон проседания земной коры (осадочных бассейнов), является процесс внутрибассейновой морфоструктурной дифференциации, захватывающей комплексы чехла и фундамента. Морфоструктурное расчленение бассейнов определяется моделью хорды – совокупным поведением системы «фундамент–чехол» в условиях сочетания регионального сдвигового поля напряжений и локального поля напряжений, обусловленного режимом проседания земной поверхности. Модель хорды – вероятностная и не охватывает всего многообразия ситуаций, однако на данном этапе – это единственная модель, непротиворечиво отражающая суть морфоструктурной дифференциации осадочных бассейнов.</p> <p style="text-align: center;">ГИН РАН</p> <p>Выполнены комплексные геологические, геохронологические (U-Pb ID-TIMS, U-Th-Pb LA-ICP-MS) и изотопно-геохимические (Sm-Nd) исследования реперных магматических и метаморфических комплексов центрального сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса, которые позволили во многом уточнить существующие представления об его геологическом развитии. Показано, что формирование Раннекаледонского супертеррейна Центрально-Азиатского складчатого пояса произошло около 500–480 млн лет, а его сочленение с Восточно-Сибирской платформой – после 470–460 млн лет. Установлено, что внутриплитные габбро-анортозитовые комплексы Байдарикского и Тарбагатайского террейнов Центрально-Азиатского складчатого пояса фиксируют ранние стадии рифтогенеза, предшествующие распаду суперконтинента Колумбия. Показано, что возраст терригенных отложений олоkitской серии Байкало-Патомского пояса Сибирского кратона находится в интервале 0,86–0,72 млрд лет. Источниками детритовых цирконов терригенных пород этой серии послужили архейские и раннепротерозойские породы юга Сибирского кратона и неопротерозойские породы Байкало-Муйского пояса центрального сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса, а также мезопротерозойские (1,08–1,46 млрд лет) и позднепалеопротерозойские (1,65 млрд лет) породы, выходы ко-</p>

торых в пределах Ондоковского палеоподнятия Олокинской зоны центрального сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса и на Сибирском кратоне не установлены. Это позволяет предполагать, что в мезопротерозое и раннем неопротерозе между Сибирью и Лаврентией существовал континентальный блок, сложенный породами мезопротерозойского возраста.

ИГГД РАН

Выполнена инверсия поля глобальных коровых напряжений. Результаты инверсии позволили выявить ряд важных закономерностей в ориентации осей главных напряжений для зон океанского спрединга и их трансформации внутри литосферных плит при переходе к зонам конвергенции. Установлено, что распределение осей напряжений наибольшего горизонтального сжатия и растяжения соответствует механизму пассивного раздвижения зоны спрединга. Результаты оценки величин напряжений показывают, что движения литосферных плит могут создавать дополнительные напряжения горизонтального сжатия, превышающие вертикальные напряжения, вызванные силой тяжести, не более чем на 5–10 МПа. Этого недостаточно для объяснения аномально высоких напряжений горизонтального сжатия в коре континентальных орогенов. Характер напряженного состояния в зонах субдукции показывает, что силу тяги со стороны погруженной и утяжеленной части литосферы, находящейся на глубинах более 100 км, следует рассматривать как одну из главных причин движения плит. Показано, что другим значимым фактором, определяющим движения плит, могут быть рассмотрены массовые силы, возникающие из-за несовпадения физической поверхности Земли и уровня поверхности потенциала силы тяжести.

Исследованы характеристики поля поглощения короткопериодных S-волн на северо-востоке Японии. Установлены существенные пространственные вариации отношения максимальных амплитуд волн S_n и P_n , которые согласуются с существующими представлениями о дегидратации материала субдирируемой плиты и подъеме флюидов в мантийный клин. Полученные данные свидетельствуют о большом содержании флюидов в зонах субдукции на западе Тихого океана по сравнению с востоком. Это также позволяет объяснить различие в особенностях афтершоковых процессов в двух огромных регионах тихоокеанского кольца.

Предложен новый механизм глубокофокусных землетрясений, связанный с неустойчивостью ползучестью. Рассмотрен процесс локализации сдвиговой деформации в

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ослабленной зоне, которая находится в литосферной плите, погружающейся в мантию. Пониженная прочность этой зоны может быть вызвана, например, ее минералогическим составом, который отличается от окружающей литосферы. Образование глубоких очагов землетрясений нельзя объяснить хрупкостью геоматериала, поскольку сила трения, которая растёт с ростом давления, уже слишком велика в земных слоях, лежащих ниже верхней коры. Следовательно, глубоководные землетрясения не связаны с хрупкостью геоматериала, но могут быть объяснены его ползучестью. Сдвиговые течения, возникающие в ослабленной зоне под действием приложенного напряжения, создают деформации ползучести, которые вызывают смещение бортов зоны.</p> <p style="text-align: center;">ИФЗ РАН</p> <p>Датирование магматических образований в рифее на Южном Урале и сопредельной части Русской плиты U-Pb методом по циркону и бадделиту (SHRIMP и ID-TIMS) показало значительное развитие на рубеже нижнего и среднего рифея магматических процессов, представленных контрастными по составу и генезису типами пород мафического магматического комплекса. Геохимические исследования пород мафического комплекса среднего рифея Башкирского мегаантиклинория (Южный Урал) позволили выявить природу и характер этого магматического события. Полученные результаты подтверждают суперплюмовую природу рифтогенеза и связанных с ним магматических процессов.</p> <p style="text-align: center;">ИГ УНЦ РАН</p> <p>Впервые охарактеризовано сложное ориентальное строение Урало-Пай-Хойского изгиба первично прямолинейной островной дуги вследствие двухэтапной ее коллизии с выступом континента Балтика в раннепермское и раннеюрское время. Уточнено вертикальное деление комплексов на структурные этажи: архей-палеопротерозойский, рифей-вендский (тиманский), палеозой-раннеюрский (уральский, который состоит из одноименного уральского и древнекиммерийского подэтажей), платформенный и нео-орогенический. Приведены данные в обоснование первично единой островодужной природы Щучинского, Войкарского и Хулгинского участков Тагильской дуги, дана альтернативная трактовка</p>

происхождения цирковых кластеров из островодужных комплексов, для которых предполагается мантийный источник. Получены новые данные, подтверждающие наличие тектонического раздела северо-западного простирания под центральной частью п-ова Ямал, который соответствует контакту палеозойд и погруженной части Сибирской платформы.

ИГиГ УрО РАН

На основе новых изотопно-геохронологических и геохимических данных охарактеризованы и сопоставлены главные позднемезозойские магматические пояса СВ России, Аляски и североамериканских Кордильер, уточнен возраст и состав протяженных магматических поясов СВ России, установлена их пространственно-временная эволюция, главные эпизоды (200–145 млн лет) магматизма и различия в геодинамических условиях проявления (сжатие в Кордильерах против растяжения и субдукции на СВ России и Аляске в интервале 125–60 млн лет), связь с плитнотектоническими событиями в северной Пацифике и Арктике.

СВКНИИ ДВО РАН, ИГАБМ СО РАН, университеты Стэнфордский
и штата Западная Виргиния

Разработана геодинамическая модель открытия и ранних стадий эволюции Палеоазиатского океана. Установлено, что до распада суперконтинента Родиния между югом Сибирского кратона и севером Лаврентии существовал внутриконтинентальный осадочный бассейн. Отделение Сибири от Лаврентии ~650 млн лет назад привело к открытию Палеоазиатского океана между этими кратонами. Показано, что пассивная окраина Палеоазиатского океана вдоль южной окраины Сибирского кратона была трансформирована в серию бассейнов форланда на временном рубеже ~610 млн лет. В этих бассейнах были аккумулярованы углеводороды Ангаро-Ленской нефтегазоносной области. Закрывшие бассейнов форланда около 500 млн лет назад фиксирует первые этапы становления крупнейшего в Евразии Центрально-Азиатского складчатого пояса.

ИЗК СО РАН

Анализ новых и опубликованных геолого-структурных, геохимических и геохронологических данных позволил установить основные этапы и геодинамические типы коллизийного гранитоидного магматизма при формировании Карского (Таймыр-Североземельского) орогена: доколлизийные (315–304 млн лет); синколлизийные (287–282 млн

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>лет), постколлизийные (264–248 млн лет). Временные интервалы в 20 млн лет между импульсами магматизма объясняются продолжающимся вращением Карской микроплиты относительно Сибирского палеоконтинента против часовой стрелки и скольжением ее вдоль окраины Сибири.</p> <p style="text-align: center;">ИНГТ СО РАН</p> <p>Разработана модель формирования Кольвань-Томской складчатой зоны (юг Западной Сибири). На основе изучения геологического строения, датирования детритового циркона из позднепалеозойских отложений и магматического циркона из вулканических пород, неомовой изотопной систематики магматических и осадочных пород, показано, что осадочные отложения Кольвань-Томской зоны образованы в результате размыта раннепалеозойского орогена, окаймлявшего Сибирский континент.</p> <p>Установлена геодинамическая природа островодужных магматических ассоциаций Предивинского террейна Енисейского кряжа. Выделены образования дифференцированной известково-щелочной базальт-андезит-дацитовый ассоциации (650–630 млн лет) и образования примитивной метабазальт-плагиоориолитовой и умеренно дифференцированной известково-щелочной метабазальт-андезитбазальт-риодацитовый ассоциаций (620–600 млн лет). Аккреция островодужных комплексов к окраине Сибирского континента произошла около 610–600 млн лет назад.</p> <p>Получены первые данные об особенностях вещественного состава, условиях и времени формирования специфических, потенциально рудоносных морионсодержащих гранитоидов Хамнигадайского и Этытейского массивов Центрального Забайкалья. Установлено, что по петрохимическим и минералогическим характеристикам они отличаются от типичных внутриплитных гранитоидов и соответствуют А-гранитам «окисленного» типа. Установлено, что черная дымчатая окраска кварца обусловлена относительно высокой радиоактивностью лейкогранитов, вызванной присутствием акцессорных ториевых и урансодержащих минералов. Граниты Хамнигадайского и Этытейского массивов имеют раннеюрский возраст (190–185 млн лет) и входят в состав периферической части Хэнтэй-Даурской магматической области.</p> <p style="text-align: center;">ГИН СО РАН</p>

Определен 190Pt-4He возраст изоферроплатины из эксплозивных брекинг андезитового состава на месторождении Поперечное (Малый Хинган, Россия), являющихся представителями нового типа платиноносных пород. Возраст изоферроплатины 125 ± 21 млн лет коррелируется с датировкой пика магматизма на территории Буреинского массива и Восточной Азии, вызванного апвеллингом астеносферы из области структуры типа слэб-виндоу в обстановке трансформной континентальной окраины.

На основе петрогеохимических и геохронологических (методом U-Pb (SHRIMP-II) по циркону) исследований гранитоидов Харинского комплекса Буреинского континентального массива показано, что их образование происходило между 208 и 193 млн лет тому назад. Важным механизмом формирования гранитоидных массивов было влияние сдвиговой тектоники, которая является отражением кривой коллизии континентальных блоков и трансформного скольжения. Сдвиги проникали на глубинные уровни коры, вызывая проникновение астеносферного диапира и его флюидов на более высокие уровни, способствуя разогреву и началу плавления. Сочетание в гранитоидах харинского комплекса субдукционных (от предшествующей субдукции) и внутримантийных (от астеносферного диапира и его флюидов) геохимических характеристик является характерной особенностью трансформной окраины.

ИТиГ ДВО РАН

По результатам геохимического изучения кремнисто-терригенных образований из аккреционных комплексов Сихотэ-Алиня установлено, что формирование разрезов тектоно-седиментационных комплексов осуществлялось в последовательно сменяющихся друг друга океанских фациальных зонах, начиная с области, прилегающей к спрединговому хребту, затем в центральных частях океана и завершилось в области приконтинентальной седиментации. Эти данные убедительно свидетельствуют о перемещении океанической плиты от зоны спрединга к окраине палеоконтинента и последующей последовательной ее субдукции и аккреции разновозрастных фрагментов ее осадочного чехла. Основываясь на времени смены фациальных условий (то есть перехода из одной фациальной зоны в другую) для каждого комплекса, рассчитаны скорости движения океанической плиты (и, соответственно, скорости спрединга) в различные отрезки юрского времени. Разность скорости спрединга в разных частях палеоспрединговой зоны явилась причиной разворота контура палеоконтинента и оси спредингового хребта до близ перпендикулярного положения, что обусловило смену геодинамической обстановки на восточной окраине Палеоазиатского континента на рубеже юры и мела.

ДВГИ ДВО РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Установлено, что слабометаморфизованные вулканогенно-осадочные отложения Монголо-Охотского складчатого пояса (Унья-Бомский, Джагдинский, Тукурингский, Селемджинский, Ульбанский, Токурский, Ланский террейны) являются не классическими стратиграфическими последовательностями, а составными частями аккреционных комплексов. Полное отсутствие в метасадочных породах пояса обломочных цирконов моложе 171 млн лет свидетельствует о том, что окончательное закрытие бассейна могло произойти на границе ранней и средней юры. Проведены исследования дятдаглейской толщи, традиционно относимой к раннедокембрийскому фундаменту Буреинского континентального массива. Показано, что эта толща имеет раннепалеозойский, а не раннедокембрийский возраст, как было принято считать ранее. Близость значений возраста ядер и оболочек цирконов, свидетельствует о том, что породы протолита вскоре после образования испытали структурно-метаморфические преобразования в условиях амфиболитовой фации метаморфизма. Полученные данные меняют представления о строении Буреинского континентального массива.</p> <p>ИГП ДВО РАН</p>
<p>125. Фундаментальные проблемы развития литогенетических, магматических, метаморфических и минералообразующих систем</p>	<p>В развитие исследований вулканогенных алмазов, выдвинута и обоснована гипотеза о специфическом, низкобарическом происхождении алмазов в вулканитах и офиолитах. Алмазы, обнаруживаемые в этих породах, несмотря на существенные различия в их тектонической позиции, идентичны по своим небольшим размерам, кубооктаэдрическому габитусу, примесным и изотопным характеристикам. В частности, примесный азот в вулканогенных и офиолитовых алмазах находится в неагрегированной форме (алмазы типа Ib). Предложен общий механизм образования этих алмазов.</p> <p>Составлен каталог эксплозивных извержений вулканов Камчатки, их возраст и геохимический состав вулканических стекол. В 2020 г. опубликована обзорная статья, посвященная составу вулканических стекол из проксимальной пирокластической крупнейшей эксплозивных извержений вулканов Камчатки (Portyagin et al., 2020). Сопровождающая статья база данных, названная TerhgaKam характеризует геохимически около 350 эксплозивных извержений, которые произошли на Камчатке с плиоцена до настоящего времени.</p>

ни. Количество данных, полученных авторами работы и включенных в базу TerhgaKam, сравнимо с количеством всех опубликованных данных по составам вулканических пород Камчатки.

Проведена детальная тейфростратиграфия голоценового вулканизма Авачинской группы вулканов. На основе изучения содержания главных и примесных элементов в составе 75 образцов пирокластических пород голоценового возраста детально изучено изменение составов магматических расплавов продуктов эксплозивных извержений вулканов Авачинский, Корякский и Козельский. Изучены более 300 разрезов почвенно-пирокластического чехла. Проведено определение в них прослов региональных маркирующих горизонтов и выявлены характерные минеральные и петрографические особенности пирокластики. Выполнено датирование фрагментов органического материала методом радиоуглеродного изотопного анализа, которое позволило создать высокоточную комплексную возрастную модель всех 217 взрывных извержений Авачинской группы вулканов. Результатом численного моделирования является то, что весь спектр составов расплавов может быть получен путем фракционной кристаллизации из одного исходного состава при различных условиях давления воды. Кратеры вулканов Авачинский и Корякский расположены на расстоянии всего около 10 км друг от друга, но имеют существенно различающийся геохимический состав. Разница, вероятно, связана с резким повышением температуры поверхности плиты под вулканами.

Получены новые признаки субдукции и рециклинга океанической литосферы в первый миллиард лет истории Земли. На основе изучения состава включений расплава во вкрапленниках оливина коматитовых магм Архейского зона подтвержден и получил развитие результат предыдущего года (Sobolev et al, Nature, 2019) о существенном обогащении глубинной мантии летучими элементами корового происхождения. Предположено, что избыточные концентрации Cl и H_2O в коматитах являются результатом поступления этих компонентов в горячие, частично расплавленные мантийные струи при их прохождении через переходную зону мантии. Наиболее вероятным источником обогащения Cl и H_2O глубинной мантии Земли является океаническая литосфера, измененная в результате взаимодействия с морской водой. Сделан вывод, что измененная океаническая литосфера начала поступать в глубокую мантию, вероятно, в результате субдукции, в первый миллиард лет существования планеты Земля. Показано, что деляминация архейской коры не способна объяснить поступление хлора и воды в глубинную мантию.

ГЕОХИ РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Установлена важная индикаторная черта рудоносных такситовых горизонтов норильских интрузивов несущих минерализацию платиновых металлов. С использованием методов рентгеновской томографии и мюонген-флуоресцентного картирования были выявлены особые тектуры газовых вакуолей, сохранившихся в породе благодаря адезионному бронированию их поверхностей кристаллами хром-шпинели. Их присутствие свидетельствует о сосуществовании трех несмешивающихся подвижных фаз: силикатного расплава, газового флюида и сульфидного расплава на ранней магматической стадии при температурах выше 1050–1100 °С. Такая высокотемпературная дегазация была вызвана ассимиляцией ксенолитов осадочных пород, богатых летучими компонентами, в том числе и соединениями серы, что явилось основным фактором формирования сульфидных руд.</p> <p>ИГЕМ РАН совместно с лабораторией S.J. Barnes CSIRO</p> <p>На основании U-Pb и Lu-Hf изотопных исследований циркона и Sm-Nd изотопного изучения валовых проб расшифрована история формирования архейского Курского блока восточной Сарматии, юг Восточно-Европейского кратона. Доказано, что Курский блок состоит из двух доменов с разным возрастом коры. Палеоархейский Курско-Бесединский домен (KBd) включает ТТГ ортогнейсы, пелиты, ВГФ и основные вулканиты (силлы), которые сформировались в интервале 3,56–3,20 млрд лет и претерпели метаморфизм графитовой фации около 2,8 млрд лет назад. Мезоархейский Михайловский домен (Mgga) состоит из ТТГ и вулканогенно-осадочных толщ, которые имеют возрасты 2,96–3,20 млрд лет и ювенильные Nd-Hf изотопно-геохимические характеристики. Различия ко-рообразующих процессов двух доменов указывают на их автономное формирование на протяжении большей части архейского эона. Их совмещение в единый Курский блок архейской коры произошло, вероятно, около 2,8 млрд лет за счет надвига мезоархейского домена на палеоархейский.</p> <p>ИГЕМ РАН</p> <p>На основе новых экспериментальных данных по растворимости кварца в водных растворах Na_2CO_3 и квантовомеханических расчетов впервые установлена определяющая</p>

роль димера $\text{Si}_2\text{O}(\text{OH})_5$ – в флюидах, предсказывающая много большие содержания Si и Ca в высокотемпературной флюидной фазе равновесной карбонатно-силикатными породами в условиях высокотемпературного метаморфизма.	
На основе статистического анализа предложены уравнения для расчета параметров элементарной ячейки пирохлора A2B2O6Y , где Y – O, F по данным кристаллических радиусов катионов, входящих в позиции [8]A и [6]B. Для оксидных пирохлоров рекомендовано уравнение $a_0 = 7.24534 + 0.4953 \cdot \text{rA} + 0.547587 \cdot \text{rB} + 2.173033 \cdot \text{rA} \cdot \text{rB}$, а для пирохлоров, содержащих фтор-ион в позиции Y, предложено уравнение $a_0 (\text{\AA}) = 8.108 + 0.0284 \cdot \text{rA} + 2.916024 \cdot \text{rB}$	
Впервые реализован устойчивый синтез фаз эвдиалитового состава в условиях, близких к природным ($T=600^\circ\text{C}$, $P=2$ кбар) в присутствии щелочного флюида ($\text{NaOH} + \text{NaCl}$) как на природных затравках, так и при спонтанной кристаллизации; полученная в ходе экспериментов минеральная ассоциация (эвдиалит, этирин, эльпидит) сопоставима с ассоциациями щелочных пегматитов.	
Экспериментально воспроизведена структура хондритовых метеоритов при кристаллизации расплава в присутствии флюида близкого по составу к $\text{H}_2\text{-CH}_4$ при давлении 1000 МПа и $T=950^\circ\text{C}$.	ИЭМ РАН
Открыты и изучены 26 новых минеральных видов: люборжакит, походяшинит, гунгерит, ауэрбахит, бираит-(La), алекскузнецовит-(Ce), рабдоборит-(Mo), манганобадаловит, дуткевичит-(Ce), чукоткаит, сарановскит, божарит, куфарит, хасановит, шахдараит-(Y), ботубобинскит, мирныйит, зайковит, селенолаурит, одихинчаит, малетойваямит, ермаковит, сергеванит, шуйскит-(Sr), попугаеваит, аммонитинселент. Утверждены в 2020 году Комиссией по новым минералам, номенклатуре и классификации Международной минералогической ассоциации IMA.	
Разработана методика определения воды в кремнекислых стеклах с помощью КР-спектроскопии, дополняющая созданную ранее для стекол базальтового состава, что существенно расширяет возможности изучения флюидного режима катастрофических кальдерообразующих извержений. С помощью разработанного метода определено содержание воды в расплавленных включениях, отражающих доэруптивное состояние магмы при кальдерообразующих извержениях для ряда объектов Камчатки, Курилы и Новой Зеландии.	МинМузей РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Проведена Lu-Hf и U-Pb изотопно-геохимическая систематика циркона для решения проблем петрогенезиса неархейской щелочной провинции Кольского региона. Lu-Hf изотопный состав циркона, образованного на магматическом (2645 ± 7 млн лет), гидротермальном (1832 ± 7 млн лет) и метаморфическом (1784 ± 22 млн лет) этапах кристаллизации в щелочных и нефелиновых сиенитах массива Сахарйок имеет существенные различия.</p> <p style="text-align: center;">ГИ КНЦ РАН</p> <p>Исследование цоизититов – пород, занимающих в Грядинском эклогитсодержащем комплексе Беломорской провинции одинаковое с эклогитами геологическое положение, позволило показать следующие результаты. Реликтовая ассоциация $R1:82-83 \pm D1$ предполагает анортзитовую природу протолита цоизититов. Прогрессивный тренд метаморфизма пород включает: 1) стадию образования по основным плагиоклазам белых слюд, представленных мусковитами и фенгитами; 2) стадию практически полного замещения минералов ранних ассоциаций цоизитами. Р-Г условия прогрессивного тренда меняются от 9 кбар/590° С до 23,5 кбар/820 °С, что соответствует высокobarической амфиболитовой – эклогитовой фациям. Ретроградные процессы связаны с формированием: 1) $Zo_{0,10}$ при 13 кбар и 600 °С; 2) $Zo_{0,08}$ при 8 кбар/570 °С. Протолит цоизититов – анортзиты, вероятно, являются фрагментами расслоенного массива габро-анортзитов, примером которых по реликтовым минерало-петрологическим особенностям и возрасту могут быть амфиболитизированные полосчатые апоэклогиты о. Столбиха. Преобладание в составе обломочного компонента плутонических пород предполагает проявление эклогитового метаморфизма в режиме коллизии.</p> <p style="text-align: center;">ИГ КарНЦ РАН</p> <p>Исследования палеозойских карбонатных оолитов из разрезов Тимано-Североуральского региона с различным первичным минеральным составом выявили, что зародыши наноэрен аморфного карбоната кальция присутствуют и в биопленках на поверхности оолитных корок, и в их структуре. Микробная колонизация биопленок корок, как и у со-</p>

временных оолитов, активизируется при нахождении оолитов в условиях пониженной гидродинамики, что приводит к образованию аккреционных агрегатов или их микритизации, а подвижность вод сглаживает их поверхности. Активное осаждения зародышей аморфного карбоната кальция на биопленках корок, образование гликокалика на клетках бактерий и стабильность условий (спокойноводная обстановка, аноксия придонных осадков, отсутствие транспортировки) определяют рост оолитов.

ИГ Коми НЦ УрО РАН

Новая структура ортокарбоната кальция $\text{Ca}_2\text{CO}_4\text{-Pnma}$ была обнаружена с использованием методов ab-initio предсказания кристаллической структуры (AIRSS и USPEX), основанных на теории функционала плотности. Эта фаза появляется выше 13 ГПа и остается стабильной как минимум до 50 ГПа и 2000 К согласно расчетам в квазигармоническом приближении. Обнаруженная фаза может быть стабильной в переходной зоне Земли и в Р-Т условиях нижней мантии.

Впервые в России отработана методика определения плотности CO_2 методом спектроскопии КР. На основании изучения этим методом расплавных включений в оливине базальтов Карымского вулкана (Камчатка) установлено, что минимальное содержание CO_2 в его родоначальных магмах составляло 0,45 мас. %. Изучение флюидных включений в платиоклазе дацитовых пемз перешейки Ветрового (остров Итуруп) показало, что давление в очаге непосредственно перед катастрофическим извержением, сформировавшим перешеек, было 0,98 кбар.

Впервые проведено систематическое экспериментальное моделирование реакций декarbonатизации, сопряженных с образованием характерных для мантийных ассоциаций гранатов (пироп, альмандина,grossуляра и др.) и CO_2 флюида. Построены кривые декarbonатизации в широком интервале давлений и температур верхней мантии, определены граничные Р,Т-параметры устойчивости ряда природных карбонатов в ассоциации с оксидами и оценены условия генерации флюида в исходно твердофазной матрице.

Низкоградиентным методом Бриджмена выращены крупные кристаллы LiGaSe_2 , LiGaSe_2 стехиометричного состава без просторового отжига с высокой оптической стойкостью ($\text{LiGaSe}_2 - 2,6\text{ТВг/см}^2$). Определены области наиболее эффективного использования кристаллов в зависимости от состава в широкоперестраиваемых параметрических генераторах света ИК диапазона: LiGaS_2 до 7, LiGaSe_2 до 10 мкм. Снижение concentra-

<p>Номер и наименование направлений фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ции дефектов VBa, GaBa в BaGa_4Se_7 путем отжига в BaSe обеспечило высокий уровень прочности 351 МВт/см². ИГМ СО РАН.</p> <p>Опыты по распределению и сокристаллизации Au в мультифазных минеральных ассоциациях показали высокое содержание Au в поверхностных слоях кристаллов, особенно борнита и галенита, демонстрируя роль в поглощении Au поверхностных неавтономных фаз. Впервые полученные коэффициенты сокристаллизации DAu/Fe и DAu/Cu использованы для оценки состава рудообразующих флюидов по структурной примеси Au в минерале. Получены надежные оценки растворимости Au в рудных минералах для гидротермальной области параметров.</p> <p>При изучении арсенипиритов и пиритов золоторудного месторождения Наталкинское (Северо-Восток России) установлено, что эти сульфиды являются концентраторами не только Au, но и платиноидов. Выявлены две формы нахождения равномерно распределенных Pt, Pd, Ru и Rh – структурная и поверхностная, соответствующие химически связанному элементу в структуре минерала и в структуре находящейся на поверхности кристалла наноразмерной неавтономной фазы. ИГХ СО РАН</p> <p>В результате экспериментов при высоком давлении в системе расплав (Fe-Ni-S) – силикатные фазы подтверждена модель: алмазы кристаллизуются при поступлении углерода, а при недосыщении углеродом – растворяются, но вследствие большой разницы в плотностях алмаза и минералов мантии, с одной стороны, и металлического расплава, с другой, алмазы и силикаты «всплывают» в расплаве Fe-Ni-S; силикаты образуют каркас, внутри которого алмазы сохраняются длительное время без свободного доступа расплава/флюида.</p> <p>На примере геологических комплексов Енисейского края установлены диагностические P-T-t тренды эволюции метаморфизма, характерные для пород, сформированных при растяжении, сжатии земной коры и в сдвиговых зонах. Составлена обобщенная P-T</p>

диаграмма эволюции метаморфических комплексов различной геодинамической природы, являющихся типичными для разных типов метаморфизма. Установлено отсутствие корреляции характера трендов (по или против часовой стрелки) со спецификой геодинамического режима в полистадийных комплексах.

ИГМ СО РАН

Изучены уникальные магнезиально-глиноземистые ультраосновные сапфирин-шпинелевые и гранатовые жедрититы Ауланджинского блока, где обнажена наиболее глубинная часть Омолонского массива. Эти породы обогащены глиноземом, цирконием, барием, рубидием, гафнием и ураном при обеднении тяжелыми редкоземельными элементами. Оценка окислительного потенциала в ассоциации сапфирин-шпинель, показала повышенную fugitivity кислорода, близкую к уровню магнетит-тематитового буфера, который в древних гранулитовых комплексах никогда не отмечался. Указанные петро- и геохимические особенности жедрититов Ауланджинского блока, имеющих изотопный возраст 1,9 млрд лет, объясняются тем, что они представляют собой, вероятно, кору выветривания вмещающих метакальтрамафитов. При справедливости этой гипотезы данные породы могут служить свидетельством того, что уже в раннем протерозое величина потенциала кислорода на поверхности Земли была близка к буферу магнетит-тематит.

Получены новые изотопные и геохронологические данные для платиноидов черемшанской свиты, развитой в междуречье р. Китой-Тойсук Шарыалгайского краевого выступа Сибирской платформы. Они содержат метаморфизованные вулканогенно-осадочные сульфидные руды с масс-независимым фракционированием изотопов серы. Для цирконов из секущих свиту тел ортогнейсов определен конкордантный U-Pb возраст $1866,8 \pm 7,6$ млн лет, который отражает завершающий этап проявления гранулитового метаморфизма. В графит-сульфидно-кордиеритовых (\pm Bt) и гранат-биотит-ортопироксеновых парагнейсах определен модельный возраст $TN(DM) \sim 3,0$ млрд лет. Этот возраст указывает на формирование осадочного протолита в условиях бескислородной атмосферы. Полученные данные показывают, что, несмотря на последующий неоднократный высокоградIENTный метаморфизм, сопровождавшийся изменением первичного минерального состава пород и хемогенным фракционированием изотопов, метка атмосферного резервуара серы в сульфидных рудах хорошо сохранилась.

ДВГИ ДВО РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>С целью определения истории дифференциации и оценки физико-химических параметров кристаллизации примитивных островодужных магм детально изучен состав мелаократовых включений (mafic enclaves) в андезитах вулкана Шивелуч. Находка включений амфибола в центральных зонах кристаллов оливина из мелаократовых включений рассматривается как доказательство очень высокого содержания воды ($>8 \text{ мас. \% H}_2\text{O}$) в магмах, питающих современные извержения вулкана. Температура высоководного примитивного расплава оценивается в $1062 \pm 48^\circ\text{C}$. Полученные данные свидетельствуют о том, что примитивные магмы, питающие извержения островодужных вулканов, могут иметь более высокое содержание воды, чем предполагалось ранее, и что амфибол является важной ранней фазой эволюции примитивных водонасыщенных расплавов.</p> <p>Показано, что состав и зональность кристаллов амфибола в породах современных извержений вулкана Шивелуч хорошо согласуются с особенностями его эруптивного режима. Кристаллы амфибола пемз плинианского извержения обладают резкой прямой зональностью, амфиболы андезитов начальных этапов роста купола слабозональны, а амфиболы продуктов эруптивных эпизодов 2001–2016 гг. демонстрируют наиболее сложный характер зональности (прямая, обратная и пятнистая). Предложена схема динамики предэруптивных магматических процессов, которая предполагает поступление новых порций магмы из глубинных уровней питающей системы непосредственно перед катострофическим извержением 1964 г., а также в ходе эруптивных эпизодов 2001–2016 гг. Различия в эруптивном стиле вулкана могут быть обусловлены объемом, температурным эффектом и скоростью поступления глубинной магмы.</p> <p style="text-align: right;">ИВиС ДВО РАН</p>
<p>126. Периодизация истории Земли, определение длительности и корреляция геологических событий на основе развития методов геохронологии, стратиграфии и палеонтологий</p>	<p>Установлено, что постепенное снижение Th/Scсреднее в отложениях нижнего и среднего рифея Южного Урала в определенной мере коррелируется с событиями сборки и распада суперконтинента Колаямбия/Нуна. Периоду становления Родинии отвечают два пика (бирьянский и миньярский) относительно высоких значений Th/Scсреднее. Вариация Th/Scсреднее в глинистых породах нижнего и среднего рифея также достаточно хорошо коррелирует с эволюцией Колаямбии/Нуны, тогда как для верхнерифейско-вендско-</p>

го (неопротерозойского) интервала какие-либо существенные изменения Th/Cr среднее не выражены. Сделан вывод, что процессы становления и распада Родины и связанные с ними изменения состава пород в областях питания не оказали сколько-нибудь заметного влияния на состав тонкой алумосиликокластики. Средние значения индикаторов окислительно-восстановительных параметров воды позднедокембрийских бассейнов, существовавших на востоке (в современных координатах) Восточно-Европейской платформы, указывают, что накопление их осадочного выполнения происходило преимущественно в окислительных или близких к ним условиях. Это заметно контрастирует с представлениями о преобладании в позднем докембрии железистых и эвксинных обстановок в Мировом океане. Таким образом, глобальные и субглобальные экзо- и эндоферные процессы не оказали существенного влияния на формирование осадочных последовательностей верхнего докембрия Южного Урала. Более значимую роль играют локальные факторы. Впервые установлены комплексы диноцист из верхнемеловых разрезов Крымского полуострова, выявлены фазы развития бассейна в позднем сantonе – маастрихте. Показано, что данная группа имеет высокую степень стратиграфического разрешения, что в дальнейшем позволит установить региональные биостратоны.

В ходе ревизии небольших ихтиозавров рода *Nannoptegidius* установлено, что этот таксон, ранее считавшийся крайне редким, в действительности был широко распространён в пограничном интервале юры и мела Северного полушария. Ранее этот род был известен как единственный экземпляр из Англии, но в результате работ удалось показать его присутствие как в европейской части России, Шпицбергене, так и на Земле Франца-Иосифа, откуда происходит наиболее молодой и наиболее северный представитель данного рода.

Проведены изотопно-геохимические исследования нижнего венда дальнетайгинской серии в пределах Уринского поднятия Патомского бассейна Сибири. Получены новые данные о вариациях отношений $87\text{Sr}/86\text{Sr}$, наблюдаемых в мощной и непрерывной последовательности постледниковых отложений баракунской, уринской и каланчевской свит. Установлен ряд горизонтов с аномальными (до 3400 мкг/г) содержаниями стронция и показано, что многие литотипы из этих горизонтов не несут признаков нарушения Sr-изотопной системы, а следовательно, могут быть использованы для реконструкции исходного $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ состава морской воды того времени. Полученные Sr-изотопные данные могут стать основой для выявления глобальных вековых вариаций $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ в эпоху постледниковья раннего эдиакария.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Детально изучено литологическое строение, микрофауна и макрофауна из глубоководного разреза Мечетлино (Башкортостан), предложенного в качестве потенциального кандидата на роль стратотипа кунгурского яруса МСШ и точки глобального стратотипа его нижней границы. Наряду с ортостратиграфическими группами фауны (конодонты и аммоноидеи), разрез Мечетлино детально охарактеризован мелкими фораминиферами. Фузулиниды обнаружены только в нижней – артинской – части разреза. Первые кунгурские виды мелких фораминифер появляются в 50 см ниже уровня проведения нижней границы кунгурского яруса по конодонтам. В кунгурском комплексе обнаружены виды мелких фораминифер, известные из нижней части старостинской формации Свальбарда, севера Сибири, а также из болорского яруса Палеотетиса, что позволяет их использовать не только для региональной корреляции в Уральском бассейне, но и для межрегиональных корреляций.</p> <p style="text-align: center;">ГИН РАН</p> <p>Разработана модель вертикального распространения микро- и макроскопических ископаемых организмов в верхневендских отложениях котлинского горизонта северо-запада Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Выделено пять ассоциаций: одна – обедненная транзитная (I) и четыре – богатые котлинского возраста (II-V). Проведено монографическое переизучение стратиграфически значимых нитчатых водорослей <i>Aataenia reticularis</i> Gnilyovskaya, emend и <i>Bicuspidata fusiformis</i> Assejeva, emend. Последний таксон сопоставлен с современными цианобактериями порядка <i>Oscillatoriales</i>. Описан новый вид акритарх <i>Pteropretromorpho rigida</i> sp. nov. Полученные новые данные могут быть использованы для детализации Региональной стратиграфической схемы ВЕП.</p> <p>Проведено комплексное изотопно-геохимическое исследование цирконов из жильного комплекса пегматитов, секущего будинированные тела эклогитов (район Гридино, Беломорский подвижный пояс). Полученный U-Pb (SHRIMP-II) возраст 1890 ± 2 млн лет для основной популяции цирконов можно рассматривать как время образования пегматитов. Это значение возраста является верхней границей для эклогитов с возрастом около</p>

1900 млн лет. В результате воздействия флюидов на пегматитовые цирконы, их состав становится аномальным в отношении неформульных элементов. Содержание REE в измененных цирконах достигает 84100 ppm, спектры распределения REE выполняются, Ce- и Eu-аномалии в значительной степени редуцируются. Содержание Y достигает 29600 ppm, Ca – 9900 ppm, Sr – 670 ppm. Значение возраста 2743 ± 10 млн лет, полученное по цирконам с секториальной зональностью, можно рассматривать, с учетом распределения в нем редких элементов, как время проявления гранулитового метаморфизма. Воздействие флюидов после внедрения пегматитовой жилы не оказало существенного влияния на изотопный состав кислорода, сохраняя значения в цирконах из гранулитового протолита.

Разработана общая петрологическая модель формирования метасоматизированного мантийного источника первичных санукитоидных расплавов. Модель основана на составе ранних мафит-ультрамафитовых фаз санукитоидных массивов Карельской провинции и обобщении экспериментальных данных. Впервые в качестве основных агентов метасоматоза рассматриваются ювенильные карбонатные расплавы, образующиеся в субконтинентальной литосферной мантии в равновесии с $\text{Phl} \pm \text{Ampr} \pm \text{Gnt}$ - периодом при $P = 2-4$ ГПа, $T = 985-1200^\circ\text{C}$ в окислительных условиях (fO₂~QFM). Декарбонизация этих расплавов при подъеме выше 60–65 км ($P = 2$ ГПа) приводит к формированию обогащенных LREE, LILE и P верлитов. Частичное плавление этих пород могло произвести расплавы, отвечающие по составу примитивным санукитоидам. Для реализации условий данной модели необходимо существование под архейскими кратонами зрелой литосферы и ее охлаждение на глубинах 65–120 км до температур ниже 1200°C . Вероятно, эти условия и характеризовали рубеж мезо- и неогархей, что объясняет отсутствие похожих на санукитоиды пород в более ранней истории Земли.

Выполнен цикл геохимических и геохронологических исследований бадделита из габброидов Беломорской провинции. Впервые для метаморфизованных оливиновых габброидов в центральной части Беломорской провинции проведено изотопное датирование бадделита, сохранившего первичные морфологию и внутреннюю структуру. Датирование проведено методом ID TIMS в лаборатории Изотопной геологии.

ИГГД РАН

Окончание неогархейской орогении в Арктическом регионе Фенноскандинавского щита ознаменовалось образованием кейвского комплекса кислых вулканитов А-типа,

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>щелочных гранитов А-типа и габбро-анортозитов. Генетическая связь между вулканами и габбро-анортозитами установлена по реликтам в цирконе из вулканитов бадделеита, кристаллизующегося только в базитах и ультрабазитах, а между вулканами и щелочными гранитами – по геохимическим данным. Все эти породы внедрились 2,68–2,66 млрд лет назад и, как и палеопротерозойские граниты рапакиви и габброанортозиты Фенноскандинавского и Украинского щитов, маркируют окончание формирования двух древнейших суперконтинентов: Кенорленда в конце неоярhea и Колумбии в конце палеопротерозоя.</p> <p style="text-align: center;">ГИ КНЦ РАН</p> <p>Возраст бадделеита из крупного дайкообразного тела в районе оз. Каменное – оз. Постельное – 2404 ± 11 млн лет, что наиболее точно соответствует возрасту кристаллизации этих пород.</p> <p>С целью оценки вероятного ресурсного потенциала критических металлов в осадках заонежской свиты определены содержания и изотопные отношения редокс-чувствительных элементов Mo, U, Re. Их концентрации оказались значительно повышенными по сравнению с другими протерозойскими черными сланцами, особенно в местах проявления локальных возмущений в биогеохимическом цикле углерода и серы, действующих на изотопные записи $\delta^{34}\text{S}$ пирита и $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ шунгитов заонежской свиты.</p> <p style="text-align: center;">ИГ КарНЦ РАН</p> <p>На основе детального хронологического анализа бентосных и планктонных групп фауны, реконструкции палеогеографических обстановок, оконтуривания и сопоставления однотипных биофаций и ареалов бентосной и пелагической фауны показано, что палеозойские тектонические блоки Верхояно-Чукотской складчатой области (Тас-Хаяхтаский, Селеняхский, Омелевский, Омолонский, Охотский, Чукотский) и о. Котельный первоначально принадлежали к единому эпиконтинентальному морскому бассейну Сибирского палеоконтинента и входили в состав его пассивной окраины на месте современной Верхоянской складчато-надвиговой системы.</p> <p style="text-align: center;">ИНГТ СО РАН</p>

Выявлены основные особенности палеогеографии позднеледового материка Ангариды, разработаны схемы стратиграфии и структурно-фациального районирования верхнего карбона и перми Средней Сибири, содержащей пять структурно-фациальных областей: Тунгусскую, Лено-Енисейскую, Вилуйскую, Таймырскую и Верхоянскую. Каждая из перечисленных областей подразделена на структурно-фациальные зоны или районы, характеризующиеся неповторимой последовательностью местных стратонемов. Построены схемы палеогеографии Средней Сибири, отражающие крупные трансгрессивные и регрессивные фазы осадконакопления.

ИГАБМ СО РАН совместно с СНИИГГиМС (Новосибирск) и Университетом Вуллонгонга (Австралия)

Тоарское Океаническое Анокическое Событие (Т-ОАЕ) произошедшее 182 млн л.н., отражено в широком распространении черносланцевой толщи в разных частях Земного шара. На основе комплексного анализа данных по палинологии, микро- и макрофоссилиям, хемостратиграфии и палеоокеаническому моделированию, охватывающему интервал верхний плинсбах-верхний тоар Арктики (Сибирь, Россия), Норвегии (Коридор Викинг), Юркийское побережье (Великобритания) установлено, что: переход от эвксинных обстановок к дезоксическим и далее к более кислородным на Северо-Западе Европы и западе Тетиса объясняется поступлением прохладных вод с низким содержанием соли, богатых питательными веществами, через Коридор Викинг, что ознаменовало конец Т-ОАЕ

Впервые для нижней и средней юры Западной и Восточной Сибири проведено комплексное изучение всех групп палиноморф (спор и пыльцы наземных растений, диноцист, акридарх, пражинофитов, зигнемовых и колониальных водорослей) из разнофациальных разрезов. Выделено девять типов ассоциаций палиноморф, которые являются показателями разных обстановок – от континентальных до типично морских. Полученные результаты могут быть использованы для уточнения и детализации схем фациального районирования и биофациальных реконструкций нижней и средней юры Сибири.

ИНГТ СО РАН

Для изучения демографической истории шерстистого носорога использованы один полный ядерный геном и 14 митохондриальных геномов. Анализ ядерного генома образца возрастом 18,5 тыс. лет назад не указывает на увеличение инбридинга или снижение генетического разнообразия, это позволяет предположить, что численность популяции

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>оставалась стабильной более 13 тыс. лет. Сокращение популяции, которое привело к исчезновению шерстистого носорога, могло быть внезапным, вызванным быстрым потеплением в интерстатидале Бёллинг-Аллерёд или какими-то другими факторами.</p> <p>СВКНИИ ДВО РАН</p> <p>Впервые получены детальные данные по изотопам кислорода и углерода хорошо сохранившихся раковин моллюсков и ростров белемнитов из юры (бат, келловей и титон) и мела (апт, турон, кампан и маастрихт) Саратовско-Самарского Поволжья. Полученная информация отражает основные тенденции в изменении климата, а также палеоокеанографических и палеоэкологических обстановок позднего мезозоя.</p> <p>ДВГИ ДВО РАН</p>
127. Динамика и механизмы изменения ландшафтов, климата и биосферы в кайнозойе, история четвертичного периода	<p>Впервые на основе материалов крупнейшей в Европе базы данных ИГ РАН «PALEOFAUNA» исследована эволюция состава региональных фаун крупных и мелких млекопитающих Европы на рубеже среднего и позднего плейстоцена (180–70 тыс. л. назад). Выявлены закономерности и региональные особенности эволюционного перехода европейского фаунистического комплекса от московской стадии (MIS6) днепровского оледенения к микულიнскому межледниковью (MIS5e) и описан ее переход к ледниковой фауны позднего плейстоцена (MIS3-MIS2). Составлена первая карта районирования Европы по фаунистическим комплексам для интервала времени MIS6-MIS4.</p> <p>В Приазовье на северном побережье Таманского полуострова вскрыты пять хорошо выраженных уровней погребённых почвенных комплексов, из которых два нижних соответствуют основным потеплениям среднего плейстоцена – МИС 9 и МИС 13. Получены оценки среднего годового количества осадков: в эпохи оледенений оно составило в среднем 340 мм/год, снижаясь в отдельные периоды до 250 мм/год, а в наиболее засушливый период после заключительного этапа узунарской трансгрессии – до 200 мм в год. В периоды межледниковий, во время которых формировались почвенные комплексы, годовое количество атмосферных осадков увеличивалось в среднем до 400 мм/год, максимально – до 430 мм/год.</p>

Установлено, что темпы накопления лессовых отложений в Предкавказье за последние 130 тысяч лет выросли не менее чем в два раза по сравнению с предшествующим межледниково-ледниковым макроциклом. Основной причиной этого стала возрастающая аридизация климата в регионе. Максимальные мощности лёссов (20–50 метров) тяготеют к засушливым степям на востоке Ставропольского края. С востока на запад мощности лёссов снижаются, достигая минимума на Азовском побережье, а состав меняется от песчанистого до глинистого. Таким образом, минеральная пыль, формирующая лессы, приносилась преимущественно восточными ветрами из пустынь Прикаспийской низменности, где перевалились аллювиальные пески рек Терек, Кумы и Волги.

Уточнены границы последнего оледенения в верховьях Волги, дискутируемые с середины прошлого столетия. Выделены четыре возрастных интервала: позднемосковский среднего плейстоцена, миклулинский позднего плейстоцена, ранневалдайский и средневалдайский позднего. Гляциальные отложения не обнаружены. Полученные результаты показывают, что в позднем плейстоцене данный район не покрывался ледниками, а максимальная граница последнего оледенения располагалась северо-западнее, чем все ранее предложенные варианты ее проведения.

Реконструирована зональная растительность последнего межледникового (MIS 5e) на побережье Восточно-Сибирского моря, представлявшая собой таежные (лиственничные и березовые) леса с кустарниковым ярусом из ольховника, кустарниковых берез и ив, с участием кедрового стланика, можжевельника и рододендрона, с присутствием видов, у которых северные границы современных ареалов располагаются южнее на 8–10 градусов широты. Количественная оценка методом ареалов показала, что средняя температура наиболее теплого месяца превышала современную не менее чем на 8°C, что на 2–3°C превышает ранее сделанные оценки.

ИГ РАН

Полученные данные по дифференцированному поднятию смежных и близко расположенных морфотектонических блоков на юго-западе Лапландско-Беломорского пояса нашли свое объяснение в глубинных различиях реологических свойств пород. Быстрое неоднородное поднятие в позднеледниковое время и в раннем голоцене, характерное для всех блоков, позже значительно замедлялось, но по-прежнему осуществлялось с разными темпами. Проявлению быстрых поднятий земной коры, значительно различающихся на площади и во времени, способствует наличие слоя пониженной вязкости в земной коре

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>на глубине 15 км. Это приводит к расщеплению литосферы на верхнюю кору, разбитую разломами на небольшие слабо сцепленные друг с другом блоки, и мантийную литосферу.</p> <p>Впервые для российской части Фенноскандии представлены ГИС данные о разломах, активизированных в поздне- и послеледниковое время и получивших название «ледниково-индуцированные разломы» ("Glacially-Induced Faults" – GIF). Эти исследования вошли в международную базу данных. В основе исследований лежит тезис, что напряжения, возникающие в результате наступления и отступления ледников, могли вызывать повышенное разломообразование и сейсмичность. База данных содержит подтвержденные и предполагаемые ледниково-индуцированные разломы, которые известны на территории Фенноскандии и ее периферии, включая северо-запад России (Кольский регион, Карелию и Ленинградскую область).</p> <p>На основе изучения донных отложений из котловин малых озер, строения террас и других форм на побережье Екостровской и Бабинской Иmandры, установлено, что в депрессии Экостровской Иmandры во время позднего дриаса и до 11,4 тысяч лет назад существовал солончатоводный водоем, который позже стал пресноводным.</p> <p style="text-align: center;">ГИ КНЦ РАН</p> <p>Получены новые данные об уровне удельной активности радионуклидов (Cs-137, K-40, Th- 232, Ra- 226) в донных отложениях Азовского моря. Выявлены максимальные значения удельной активности изотопов в донных отложениях, в гранулометрическом составе которых преобладают фракции мелкого (1–5 мкм) и крупного (5–10 мкм) пелита. С уменьшением процентного содержания данных фракций в донных отложениях, значения удельной активности радионуклидов закономерно снижаются. Проведенный анализ данных по радиоактивному загрязнению акватории Азовского моря потенциально опасным изотопом ¹³⁷Cs показывает значительное снижение его активности в многолетней динамике.</p> <p style="text-align: center;">ЮНЦ РАН</p> <p>Впервые установлена взаимосвязь растительного покрова, климата и лесных пожаров в голоцене Северного Приуралья. На основе детальных палинологических записей с</p>

помощью программы REVEALS построены модели развития растительности – одного из наиболее чувствительных ландшафтных компонентов, в формировании которых определяющим фактором был климат, и средней периодичности пожаров в голоцене Северного Урала. В раннем голоцене преобладали светлостойные леса, и пожары происходили относительно редко. В среднем голоцене при более благоприятном климате распространялась темнохвойная тайга, и участились пожары. В позднем голоцене частота пожаров вследствие антропогенного фактора увеличилась, а в составе лесов стали доминировать березовые леса, которые обычно первыми заселяют территории после возгорания.

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

Проведена реконструкция природной среды и климата позднего кайнозоя Байкальского региона на основе комплексных исследований с привлечением новых гранулометрических, петромагнитных и палеомагнитных данных. Установлено, что формирование осадков происходило в условиях гумидного климата раннего плиоцена, сменившегося теплым семиаридным в позднем плиоцене. Умеренно теплый климат изменился до умеренно холодного и холодного аридного, что отразилось на фауне млекопитающих региона – их состав менялся от лугово-степных до степных и пустынных, с последующим господством обитателей степных и перигляциальных ландшафтов в конце плейстоцена.

ГИН СО РАН

Получена новая информация об изменении климата Забайкалья в позднечетвертичное время на основе изучения донных осадков оз. Байт. Установлено, что индикаторами климатических изменений являются количественные соотношения слоистых силикатов и их структурно-кристаллохимические характеристики. Результаты минералогических исследований находятся в полном согласии с геохимическими показателями и данными палинологического анализа. Воссоздана история климата региона за последние 18 тыс. лет.

На основе секвенирования 27 новых геномов древних и исторических собак удалось установить следующее: 1) они происходят из одного географического центра; 2) предком этих животных была вымершая популяция волков; 3) около 11 тыс. лет назад в Евразии существовало как минимум пять групп собак, следовательно, их domestикация началась раньше. Сравнительный анализ историй формирования популяций собак и 17 групп древнего населения Евразии показал, что в целом за последние 10 000 лет они совпадают.

ИГМ СО РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Впервые проведено изучение изотопного состава кислорода створок диатомовых водорослей из донных отложений озер центральной и северной частей Евразии. Установлено, что изменения состава напрямую зависят от изменений глобального климата и характеризуют ответ региональных лимносистем на эти изменения.</p> <p>ИГХ СО РАН</p> <p>На основе учета фазовых переходов и межфазовых переносов воды конкретизирована схема климатического круговорота природных вод. Помимо общепринятого атмосферного, отдельно выделены следующие циклы: криогидрогенный – ежегодного образования снежного покрова, льдов на реках и водоемах, наледей и подземного льда в деятельном слое криолитозоны, атмолитогенный – испарения и конденсации, сублимации и десублимации в зоне аэрации горных пород, гляциогенный и криолитогенный – при многолетнем таянии ледников и подземных льдов криолитозоны.</p> <p>Выполнена реконструкция климата, растительности и условий формирования эоловых песчаных покровов в Центральной Якутии за последние 40 тыс. лет. В спорово-пыльцевых спектрах преобладает пыльца степных и полупустынных травянистых сообществ и сухих кустарниковых тундр. Полученные биостратиграфические данные свидетельствуют о циклическом характере иссушения климата и опустынивания. Периоды максимальной аридизации совпадают с пиками похолоданий. Впервые в отложениях свиты установлены споры специфических грибов (<i>Glomus</i>, <i>Gelasinospora</i>, <i>Micoglyphum micosporicum</i>) и древесного угля, свидетельствующие об ультраконтинентальных обстановках осадконакопления, интенсивной эрозии и периодических пожарах на протяжении периодов опустынивания. Полученные данные позволяют существенно прояснить климатические условия и характер ландшафтов Центральной Якутии в позднем неоплейстоцене и голоцене.</p> <p>ИМЗ СО РАН</p> <p>По признакам ландшафтной структуры уточнена схема физико-географического районирования территории Сибири. Усовершенствованы методические приемы ландшафтного картографирования, составлена карта геосистем южных и центральных реги-</p>

	<p>онов Средней Сибири. Выделены, охарактеризованы и классифицированы геосистемы более 200 групп фаций, объединенных в классы фаций, геомы и группы геомов, которые наряду с природными геосистемами включают их агрогенные аналоги.</p> <p style="text-align: center;">ИГ СО РАН</p> <p>Биогеохимический и сейсмоакустический анализ донных отложений малых озер Восточной Сибири, расположенных в зоне от 51 до 58° с.ш., показал, что наиболее контрастные климатические изменения в регионе произошли около 22, 17,5, 10, 4,8–4,2 и 2–1,5 тысяч лет назад. При этом периоды увлажнения отменены для 10 и 4,8–4,2 тысяч лет назад, а наиболее драматические периоды снижения уровня озер в результате высокой аридной климатической составляющей произошли 17,5 и 2–1,5 тысяч лет назад. Реконструированные на основе хирономидного анализа температуры июля в голоценовый максимум регионального увлажнения (4,8–4,2 тысяч лет) были около 14°C.</p> <p style="text-align: center;">ЛИН СО РАН</p> <p>Среднеплейстоценовые отложения верхней части головининской свиты о. Кунашир (Курилы) образовались в межледниково-ледниковые климатические циклы, соответствующие 11–9-й морским изотопным стадиям (МИС). Во время трансгрессивной фазы МИС-11 уровень моря был на 20–25 м выше современного, а во время стадии 9 – на + 5 м. Слои туфа и перерывы в осадконакоплении соответствуют регрессивной фазе (МИС-10). Различия в условиях формирования отложений во время МИС-11(424–374 тыс. лет назад) и МИС-9 (337–300 тыс. лет назад) позволяют предположить, что более теплый климат и высокое положение уровня моря в течение длинной межледниковой МИС-11 были вызваны не только вариациями солнечной инсоляции, связанными с орбитальными изменениями Земли. Вероятно, изменение палеопродуктивности диатомей как фотосинтетиков соответствует глобальным углеродным циклам, а изменение концентрации их створок в отложениях Мирового океана может служить одним из критериев для определения относительных изменений CO₂ в атмосфере геологического прошлого.</p> <p style="text-align: center;">ДВГИ ДВО РАН</p>
<p>128. Физические поля, внутреннее строение Земли и глубинные геодинамические процессы</p>	<p>Используя комбинированный подход, включающий 3-D моделирование электромагнитного поля и магнитогидродинамическое моделирование околоземного пространства, успешно воспроизведена динамика полей во время магнитной бури 17.03.2015 г. Показано, что контрасты проводимости оказывают большое влияние не только на локальное</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>теллурическое поле, но и на глобальное распределение потенциала электрического поля и, соответственно, на геоиндуцированные токи.</p> <p>Построены модели удельного сопротивления, плотности, литотипов, температуры, пористости и флюидонасыщенности для участка зоны сочленения Кыргызского хребта и Чуйской впадины Северного Тянь-Шаня. В верхней коре обнаружена инверсия скоростей продольных сейсмических волн. На основе комплексного нейросетевого анализа построенных модельных разрезов предложена концептуальная модель линзы в верхней коре, соответствующая петрофизическим характеристикам, источникам геофизических аномалий, механизму образования линзы, времени ее существования и отражающая связь между флюидодинамикой и геодинамическими процессами в этом регионе. Полученный результат может иметь серьезные следствия для долгосрочного прогноза землетрясений и поиска месторождений полезных ископаемых.</p> <p>Исследована связь между циклическими процессами в ядре Земли и литосфере в интервале 167–22 млн лет (средняя юра–палеоген). Обнаружена синхронизация вариаций геомагнитных и эвстатических процессов, происходивших в мелу – начале палеогена (125–40 млн лет). Диапазон характерных времен когерентных вариаций палеонапряженности и уровня мирового океана составлял от 1 до 16 млн лет. Обнаружены особенности геомагнитных и литосферных процессов на интервале (125–40 млн лет), заключающиеся в резких возрастаниях амплитуд вариаций палеонапряженности и активизаций магматических эффузивных процессов.</p> <p>Проведено комплексное изучение особенностей гравитационного поля для ряда акваторий Мирового океана. На основе сравнения с данными авиационных и морских наблюдений выполнен анализ погрешностей современных глобальных моделей гравитационного поля Земли в районе Курило-Камчатской островной дуги, в центральной части Индийского океана, Белого моря и архипелага островов Новая Земля.</p> <p>Разработан новый метод анализа пространственных и временных свойств длительных непрерывных записей сейсмического фона в сейсмоактивных районах, основанный на вычислении минимальной нормализованной энтропии распределения квадратов влет-коэффициентов волновых форм шума. Метод включает в себя оценки в скользящем</p>

временном окне плотностей распределения вероятностей максимальных значений энтропии и сильных пространственных корреляций между вариациями энтропии в окрестности заданного набора опорных точек, покрывающих исследуемый регион. Метод применен к анализу записей сейсмического шума сети из 81 широкополосной сейсмической станции в Южной Калифорнии в течение 2008–2019 гг. Найден интервал времени интенсивного роста линейного размера сильных пространственных корреляций для значений энтропии от нуля до 250–300 км, после которого начал формироваться очаг калифорнийского землетрясения 06.07.2019 г. ($M=7.1$) – сильнейшего в этом регионе за последние 20 лет.

На коллекции образцов протерозойских эффузивных пород Украинского щита возрастом около 1750 млн лет выполнены определения палеонапряжённости геомагнитного поля, поддерживающие гипотезу низкого поля в раннем и среднем протерозое, что оставляет открытым вопрос о времени возникновения внутреннего твёрдого ядра Земли.

ИФЗ РАН

Методом статистического синтеза были получены новые алгоритмы оценивания координат сейсмических очагов по наблюдениям малоапертурных групп. В данном случае речь касается локаций источников ближнего поля, когда регистрируемый волновой фронт отличен от плоского и является комплексным ввиду сложной скоростной структуры среды распространения сейсмических волн.

ИТПЗ РАН

Выполнены измерения параметров теплового поля и расчетные числовые модели для Астраханской нефтедобывающей провинции. Они позволили изучить структуру теплового потока, оценить долю радиогенного теплового потока, рассчитать глубинные температуры в над- и подсолевом комплексах. Выявлена также пространственная корреляция температурных аномалий в осадочном чехле (температурных куполов) и районов интенсивной добычи углеводородов. Эта закономерность может рассматриваться, в том числе, как дополнительный поисковый признак при прогнозировании месторождений на больших глубинах.

ГИН РАН

Определено геоэлектрическое строение зоны сочленения хребта Терской-Алагоо и Кочкорской впадины по результатам интерпретации МТ-данных с использованием про-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>граммы двумерной инверсии Rodi-Mackie. Получены количественные оценки глубины залегания фундамента, и геоэлектрические характеристики осадочных отложений. На геоэлектрических разрезах отражены как разломные структуры, так и пологие межпластовые детачменты и связанные с ними складчато-надвиговые структуры. При сопоставлении разрезов установлено отсутствие единых плоскостей простирания разломов вдоль всего борта впадины, за исключением зоны сочленения борта и впадины. Крутопадающие разломные структуры проявляются до глубин порядка 3–4 км и отображаются на геоэлектрических разрезах, вертикальными зонами электропроводимости. Аномалии высокой электропроводности геоэлектрических разрезов могут быть обусловлены зонами динамического влияния второстепенных разломов, областями повышенной трещиноватости и зонами катаклаза блочно дезинтегрированных массивов гранитов.</p> <p>Впервые в мировой практике, по результатам глубинного дистанционного зондирования в эксперименте «Мурман–2018» на глубине 10–15 км установлена граница «непроницаемости» для постоянного тока, связываемая с переходом вещества земной коры из хрупкого в квазипластичное состояние. Установленная граница, по ряду косвенных признаков, согласуется с границей «непреодолимости», встреченной Кольской сверхглубокой скважиной в районе глубины 12 км и с гипотетической сейсмической границей Конрада.</p> <p style="text-align: center;">ГИ КНЦ РАН</p> <p>Построены сводные разрезы по профилям ГСЗ, которые показывают, что кристаллическая кора является мозаично-неоднородной средой. В верхней части коры локально развиты как волноводы, так и высокоскоростные зоны, коррелирующие с геологическими телами. Вулканогенные раннепротерозойские пояса характеризуются повышенной скоростью, мощностью коры, а также аномально высокой граничной скоростью поверхности М. Модель региона может быть представлена тремя скоростными этапами, однако здесь имеются специфические особенности. Выявлены зоны развития четвертого высокоскоростного этапа (7,2–7,4 км/с) в низах консолидированной коры.</p> <p style="text-align: right;">ИГ КарНЦ РАН</p>

Впервые на основе комплекса экспериментальных исследований (методом инфракрасной термографии на лабораторной установке, разработанной в ИГФ УрО РАН, и в реальных скважинах) и численного математического моделирования свободной тепловой конвекции установлена и подтверждена на большой выборке экспериментальных данных количественная зависимость амплитуды конвективного температурного шума от геотермического градиента и диаметра скважины. Предложен и экспериментально подтвержден метод оценки квазистационарного термического эффекта свободной тепловой конвекции в водонаполненных скважинах, проявляющегося закономерным уменьшением температурного градиента относительно его значения в горных породах. Разработаны эффективные способы и устройства подавления свободной тепловой конвекции в водонаполненных скважинах. Испытания устройств в реальных скважинах показали, что они позволяют снизить уровень температурного шума в 16–20 раз (до 0,002–0,003K) и полностью восстановить нарушенный температурный градиент.

Получено замкнутое решение задачи теплового сопряжения для модели слоистого пласта с условиями Дирихле-Неймана на его внешних границах для неоднородных сред, контрастных по теплопроводности. Предложен метод решения задач сопряжения для уравнения Пуассона, позволяющий интерпретировать геофизические потенциальные поля на основе единичных сеточных алгоритмов. Количественная интерпретация тепловых полей снижает степень неоднозначности плотностных моделей и повышает достоверность представлений о глубинном строении и вещественном составе структурно-геологических комплексов неоднородной геологической среды на разных иерархических уровнях ее организации. Реализован сеточный алгоритм решения прямых и обратных задач стационарной теплопроводности для геотермических моделей слоисто-неоднородных сред. Оценен вклад корового и мантийного теплового потока в общий энергетический баланс литосферы Уральского региона.

ИГФ УрО РАН

Разработан эффективный программно-методический инструментарий обработки и интерпретации данных полного комплекса методов скважинной электрометрии в масштабе реального времени с определением широкого набора электрофизических параметров сложнопостроенных нефтяных коллекторов с целью поиска пропущенных интервалов. Программно-методический комплекс разработан на основе высокопроизводительных алгоритмов численных решений многомерных задач в полных математических постанов-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ках в рамках макрорезонансной частотно-зависимой геоэлектрической модели. С его использованием выполняется совместная численная обработка всех методов скважинной электротомографии современных комплексов каротажа.</p> <p style="text-align: center;">ИНГТ СО РАН</p> <p>В 2020 году получена детальная модель строения коры и верхов мантии, в результате чего сделан качественный прорыв в выявлении глубинных источников питания вулканов Северной группы, куда входят вулканы Шивелуч, Ключевской, Безымянный и Толбачик – одни из наиболее активных в мире. Данная работа стала возможной, благодаря совместным усилиям российских, немецких и французских организаций по установке сети KISS, включающей более сотни сейсмических станций. Полученные сейсмические структуры и выявленные землетрясения маркируют подъем горячего вещества под Шивелучем через разрыв в Тихоокеанской плите. При достижении подошвы коры, этот поток распространяется в сторону Ключевской группы и Кизимена, формируя там магматические очаги. Дополнительным фактором является выделение из погружающейся Тихоокеанской плиты значительного количества флюидов, которые прослеживаются на результатах томографии, как «струи» с повышенным отношением скоростей продольных и поперечных волн.</p> <p style="text-align: center;">ИНГТ СО РАН, ИВиС ДВО РАН, КФ ФИЦ ЕГС РАН</p> <p>Разработан новый метод выделения полезного сигнала в данных сейсморазведки без существенных потерь высоких частот и искажения амплитудной информации. На первом этапе применяется подход оптимального суммирования (non-linear beam forming (NLBF)), при этом получаются «улучшенные» трассы, но с пониженными спектральными характеристиками. На этапе 2, основываясь на «улучшенных» трассах, проводится коррекция их фазового спектра, на основе частотно-временных масок (подход, активно применяемый при обработке нестационарных звуковых сигналов). Разработанный метод показывает высокую эффективность на реальных данных сейсморазведки 2D/3D в условиях, когда стандартные процедуры обработки дают неудовлетворительный результат.</p>

Проведены синхротронные томографические исследования внутренней структуры гидратосодержащих образцов в процессе наработки и разложения гидрата метана. Обнаружено, что рост гидрата в поре вызывает не медленный приток воды по мере ее трансформации в гидрат, а быстрые прерывистые перебои на расстоянии, превышающие размер поры на порядок, что влияет на распределение гидрата в образце. Также при наработке гидрата в условиях избытка метана наблюдается два типа формирования: в газовую полость и в объеме воды, которые в условиях самоконсервации разлагаются с разной скоростью, то есть разложение гидрата (разработка месторождения) зависит от истории его формирования.

ИНПГ СО РАН

Информация о глубинном строении рудных месторождений Магаданской области, недоступная прямым исследованиям, получена в результате проведения комплексного изучения юго-восточного фланга Яно-Колымского орогенного пояса в месте его сочленения с Охотско-Корякским орогенным поясом. Использованы данные, полученные различными геофизическими методами, а также установленные магнитные, геоэлектрические и плотностные характеристики вещества земной коры. Результаты комплексной интерпретации позволили трассировать в земной коре зоны разрывных нарушений, области глубинной переработки вещества земной коры, а также области квазигоризонтальной расчлененности. Установленные особенности физических параметров вещества ставят вопрос о необходимости корректировки принятых в настоящее время границ отдельных тектонических блоков. Северную границу Балыгчанского поднятия следует провести по Паутовскому разлому. Среднеканская ветвь Иньяли-Дебинского синклинория может быть отнесена к Сугойскому синклинорию (переходный блок) и названа Оротуканским блоком.

СВКНИИ ДВО РАН

Выполнена оценка существующих приливных моделей океана, а также моделей приливной деформации твердой Земли на разных расстояниях от морских побережий на основе данных долговременного мониторинга приливных вариаций гравитационного поля Земли вдоль трансконтинентального профиля между Атлантическим и Тихим океанами. Для станций, расположенных в центре Евразии, эффекты океанских приливов минимальны. Ситуация изменяется при приближении к берегам океанов, где становятся значимыми океанические приливные нагрузки. Выявлено различие влияния океанов в суточном

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>и полусуточном диапазоне приливов в западных и восточных частях профиля, показано интенсивное увеличение вклада океанского прилива при смещении к Тихому океану. Обнаружены особенности приливных характеристик на побережье Японского моря, что может быть связано с региональными отличиями вязкоупругих свойств литосферы и мантии в зоне конвергенции тихоокеанской литосферной плиты с Евразийским континентом.</p> <p style="text-align: center;">ТОИ ДВО РАН, ИНТИГ СО РАН, ГС РАН</p> <p>По результатам магнитотеллурических и магнитовариационных зондирований в интервале периодов $10 < T < 20\ 000$ с на территории Северного Вьетнама построена глубинная геоэлектрическая модель тектоносферы региона, главными элементами которой являются субвертикальные сквозьлитосферные электропроводящие разломы и высокоомные нарушения проводящей астеносферы. Показано, что проводящие (флюидонасыщенные) сквозьлитосферные разломы, выходящие в основание осадочной толщи, контролируют расположение залежей нефтегазовых и рудных месторождений. Предложен метод разделения локальных и региональных магнитотеллурических эффектов, позволивший наделить определить главные направления региональной двумерной структуры и конфигурацию кривых кажущегося сопротивления в главных направлениях.</p> <p style="text-align: center;">ИТИГ ДВО РАН</p>
129. Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимия планет и других тел Солнечной системы, возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов	<p>Определено окислительно-восстановительное состояние тектитов – продуктов крупных ударных событий из европейского (молдавита) и австрало-азиатского (индошиниты, филиппиниты, австралиты) полей рассеяния в зависимости от их типа и степени удаленности от родительского кратера. Измеренные электрохимическим методом значения собственной легучести кислорода (fO_2) тектитовых стекол в интервале температур $800\text{--}1050^\circ\text{C}$ располагаются между буферными равновесиями железно-востит (W) и востит-магнетит (WM), демонстрируя значительно более восстановительный характер тектитов по сравнению с магматическими расплавами (стеклами) корового и мантийного происхождения. Наиболее широкие вариации fO_2 наблюдаются в индошинитах, среди которых встречаются более разнообразные виды тектитов (типа Муонг-Нонг и сплэт-форм)</p>

и которые находятся гораздо ближе к гипотетическому родителю ударному кратеру, чем фелиппиниты и австралиты. Полученные данные свидетельствуют о протекании окислительно-восстановительных реакций при ударных преобразованиях планетного вещества.

Открыт новый механизм образования нанодисперсного железа в лунном реголите. Для экспериментальных исследований микротектонических ударных процессов был использован импульсный лазер на Nd-стекле. Расчётная температура в точке лазерного «удара» составляла ~4000–5000 K, что соответствовало температуре, возникающей при скоростях соударения порядка 10–15 км/ч. Для эксперимента был взят образец толлеитового базальта, а также, образец базальтового стекла. Исследования показали, что наносферы pr-FeO железа образуются термовосстановительным путём при прохождении ударной волны в ударном расплаве. Цепочечные структуры из pr-FeO, наблюдаемые в импактном стекле лунного реголита, также хорошо воспроизводятся в эксперименте. Открыт новый механизм образования нанодисперсного железа в лунном реголите, пока является единственным механизмом, подтвержденным экспериментально.

Впервые проведено экспериментальное моделирование взаимодействия океанического осадка (GLOSS) и мантийного перидотита на границе переходной зоны и нижней мантии Земли, имеющее непосредственное приложение к дискуссиям о транспортировке воды в мантию Земли. Обоснована ведущая роль корово-мантийного взаимодействия в генезисе высокоглиноземистых водосодержащих фаз в веществе переходной зоны и нижней мантии, намечена их последовательная смена с глубиной, предложены принципиально новые реакции их образования. В их числе впервые при P–T параметрах нижней мантии Земли проведен синтез Mg-курсассита ($\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{23}(\text{OH})_2$) и Mg-содержащей фазы Egg ($\text{AlSiO}_3\text{OH}-\text{MgSiH}_2\text{O}_4$) и выполнено структурное изучение этих соединений. Синтез водосодержащих фаз и их природные находки обеспечивают прямое минералогическое подтверждение возможности существования стабильной зоны резервуара воды при давлениях, превышающих условия переходной зоны мантии Земли.

Впервые измерен изотопный состав водорода, азота и углерода в газовых включениях в энстатите метеорита Песьяное, относящегося к типу обритов (энстатитовых ахондритов), которые, возможно, внесли свой вклад при формировании прото-Земли. Показано, что формирование обритов сопровождалась сильной дегазацией, а примитивные источники энстатитовых ахондритов отличались по составу от энстатитовых хондритов, которые ранее считались предшественниками обритов.

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Разработаны модели внутреннего строения и теплового режима Титана. По результатам изучения гравитационного поля Титана на основе пролетов космического аппарата Кассини с учетом уравнений состояния воды, высокобарных льдов и минерального вещества построены модели внутреннего строения частично дифференцированного Титана, состоящего из внешней водно-ледяной оболочки, каменно-ледяной конвектирующей мантии и центрального железокремнистого ядра. Впервые получены оценки тепловых потоков для L/L_L хондритового состава железокремнистой компоненты Титана с учетом вклада радиотермической и приливной энергии, а также энергии кристаллизации льда в океане вследствие охлаждения спутника. Показано, что согласование модельных и экспериментальных геофизических параметров (момент инерции, средняя плотность, числа Лява) достигается при величине поверхностного теплового потока $\sim 5.8 \text{ мВт/м}^2$, что соответствует глубине океана $\sim 280 \text{ км}$ под ледяной корой толщиной около 100 км. Результаты позволяют внести существенный вклад в приоритетные задачи Российских федеральных проектов по изучению химического состава и внутреннего строения планет и спутников Солнечной системы.</p> <p>Проведено исследование продуктов кавитационного синтеза. Исследования физико-химического состава и кристаллической структуры продуктов кавитационного синтеза проводились методом рентгено-фазового анализа на приборе D8 DISCOVER, Bruker, Германия. Штрих-рентгенограммы известных минералов и соединений были наложены на экспериментальный спектр продуктов смеси вода-ацетонитрил (АЦТ) синтеза с целью опознания кристаллических фаз. В образцах удалось с большой вероятностью определить несколько кристаллических фаз – кварц, магнетит (или разновидность шпинели), гематит и деформированный нано-алмаз. Если присутствие окисленного железа ожидается в силу неизбежного кавитационного разрушения стен труб и сопла, то наличие кварца было неожиданным.</p> <p>Разработан количественный метод использования скоростей образования космогенных радионуклидов в свежесклевываемых хондритах для оценки и прогнозирования радиационной обстановки в межпланетном пространстве на длительной временной шкале. Впервые, благодаря измерению и анализу скоростей образования космогенных радионук-</p>

клидов в 42 хондритах, постоянно выпадавших в 1959–2016 гг. получены количественные характеристики их временных и пространственных вариаций в наиболее динамичной части внутренней гелиосферы (< 5 а.е.) на протяжении 6 солнечных циклов. Область 5 а.е. является сферой активного взаимодействия испускаемого Солнцем излучения и ее непрерывного изотропного облучения галактическими космическими лучами (ГКЛ). Это приводит к разнообразным процессам солнечной модуляции ГКЛ, что хорошо изучено благодаря наземным и подземным высокоточным измерениям. Что происходит при удалении от Земли к Юпитеру не известно. Однако, именно в этой области лежат орбиты хондритов, которые могут (не разрушившись) выпасть на Землю. В частности, измерения и анализ каждого из радионуклидов ^{54}Mn , ^{22}Na и ^{26}Al в каждом из 42 хондритов с известной датой падения в 1959–2016 гг. предоставил нам 126 значений градиентов скоростей образования этих радионуклидов на разных гелиоцентрических расстояниях внутренней гелиосферы, и, главное, их временные и пространственные вариации на длительной временной шкале, что не имеет альтернативы. Эти результаты позволяют прогнозировать радиационную обстановку в Солнечной системе, что необходимо при планировании пилотируемых космических полетов в межпланетном пространстве.

ГЕОХИ РАН

Установлены широкие вариации изотопного состава урана и U-Pb изотопного возраста на месторождениях песчаникового типа Намаруское и Вершинное, Витимский урановорудный район. Отклонения отношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ от равновесного и вариации изотопного возраста показывают, что развитие слоя многолетнемерзлых пород не обеспечило остановку миграции урана. Вариации $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ на месторождениях могут объясняться различным положением образцов по отношению к фронту рудоотложения и сменной услой при продвижении этого фронта. Обогащение изотопом ^{235}U верхней зоны рудной залежи на месторождении Намаруское, вероятно, обусловлено воздействием восходящих углекислых вод. Корреляция направленности изменения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ и $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ в терригенной части рудной залежи на месторождении Вершинное позволяет считать, что постформационная миграция урана, сопровождавшаяся обогащением водной фазы изотопом ^{234}U , одновременно приводила к изотопному фракционированию в системе ^{238}U – ^{235}U .

Изучение аквальных геохимических ландшафтов эстуария Оби и прилегающей части Обь-Енисейского мелководья доказало деградацию радиоактивного загрязнения в выяв-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ленной ранее зоне повышенной активности ^{137}Cs (ОЗПА). Вертикальное распределение ^{137}Cs определено в 20 колонках на 1-м этапе и в 7 колонках на 2-м. Ключевыми факторами снижения радиоактивности осадков служат: распад и диффузия радионуклидов, а также биотурбация эстуарных зон богатым бентосным сообществом.</p> <p>В распределении ^{137}Cs важную роль играет геохимическая барьерная зона в области взаимодействия речных и морских вод в эстуариях и на прилегающем шельфе. На первом этапе она не пропускает радионуклиды, приносимые речными водами, осаждая их в своих пределах, на втором этапе – после ослабления источников радиационного воздействия создает вертикальный поток взвешенного вещества, перекрывающий загрязненные осадки.</p> <p style="text-align: center;">ИГЕМ РАН</p> <p>Усовершенствован метод блочного контрастирования для решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) большой размерности, и разработаны программные решения на основе структурно-параметрического подхода в рамках метода линейных интегральных представлений. Созданная методика решения плохо обусловленных СЛАУ успешно применена для решения задач определения плотностных неоднородностей коры Марса по данным о гравитационном поле в районе посадки измерительной аппаратуры международной исследовательской миссии INSIGHT, а также для анализа маршрутных измерений аномального гравитационного поля Земли.</p> <p style="text-align: center;">ИФЗ РАН</p> <p>Открыто явление фракционирования REE в ходе роста фергусонита-(Y) (YNbO_4) из пегматитового раствора-расплава, что может быть использовано для создания высокотехнологичных REE-содержащих материалов с постепенным изменением свойств по объему единого кристалла.</p> <p style="text-align: center;">ГИ КНЦ РАН</p> <p>На примере риолитовых расплавов установлено, что крупные скопления (месторождения) флюорита и сопутствующая рудная минерализация во многих магматических</p>

породах могли формироваться при кристаллизации флюоритового расплава. Обогащенные флюоритом риолиты образовались из эмульсии F-Ca (флюоритового) и риолитового расплавов. Кислородосодержащий флюоритовый расплав существовал до субсолидусной температуры (~700°C) риолитовой магмы. Текучесть эмульсии расплавов была как у вязкой жидкости (< 10 Па·с). Большая дисперсия содержаний REE, Y, Sr, Th, Nb, Ta, Zr и Hf в F-Ca фазе объясняется ее изменениями в результате воздействия флюида, который выделялся при дегазации риолитового расплава. Опыты по плавлению пород (1250–750°C, 5,5–1 кбар) подтвердили несмесимость расплавов.

ИГХ СО РАН

Установлен позднепалеозойский возраст образования нефелиновых сиенитов массивов Сайженской палеорифтовой зоны Западного Забайкалья. Формирование щелочных пород происходило в период активности позднепалеозойского (315–280 млн лет) магматизма Забайкалья, синхронно с образованием основного объема гранитоидов Ангаро-Витимского батолита. Родоначальные расплавы щелочных пород были сформированы из изотопно-гетерогенного источника в литосферной мантии, метасоматизированного флюидами субдукционного происхождения. Внедрение щелочных пород сопровождалось асимметрией вмещающих известняков.

ГИН СО РАН

Установлена концентрированная редкометалльная минерализация в карбонатах Мальджангарского массива ЮВ части Анабарского щита (с наивысшими содержаниями Nb – 8000 ppm, TR – 4%, Sr – 10%, Y-800 ppm), соизмеримая с крупным месторождением. Получен возраст карбонатов 150–170 млн лет, что дает основание выделить на Анабарском щите и его обрамлении 4 эпохи редкометального карбонатитового магматизма, вместо выделяемых ранее 2 этапов.

На основании изотопно-геохимических данных впервые показано, что протолитами алмазонских метаморфических пород Кокчетавского массива были как породы фундамента, так и осадочные породы, имеющие палеопротерозойский Nd модельный возраст. Алмазонские известково-силикатные, гранат-пироксеновые породы, а также мигматизированный гранито-гнейс образуют Sm-Nd изохрону, отвечающую возрасту 1116 ± 14 млн лет. Этот возраст соответствует возрасту формирования гранито-гнейсового фундамента (1,2–1,1 млрд лет) Кокчетавского микроконтинента. Изохрона, рассчитанная на ос-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>новании изотопного состава валовых проб в различной степени деплетированных высокотемпературных пород участка Барчинский, соответствует возрасту 507 ± 14 млн лет, что предполагает плавление метабазитов на стадии экзугмации.</p> <p>Получены новые U-Pb геохронологические данные по циркону, указывающие на то, что в рамках традиционного выделяемого палеозойского олекминского интрузивного комплекса Восточного Забайкалья присутствует значительный объем гранитоидов мезозойского возраста (219–186 млн лет), представляющих собой самостоятельный магматический эпизод в становлении Монголо-Охотского орогенного пояса. Этот эпизод связан с завершающими этапами коллизии вдоль северной границы сутурной зоны. Мезозойские гранитоиды должны быть выделены в самостоятельный интрузивный комплекс.</p> <p style="text-align: center;">ИГХ СО РАН</p> <p>Изучение горизонтов тефры, сформировавшихся в результате извержений вулканов, позволяет не только датировать отложения и формы рельефа, но и реконструировать эволюцию магматических очагов на протяжении длительных временных промежутков (до сотен тысяч лет). Необходимым условием для этого является наличие референсной коллекции эруптивных продуктов определенного региона. Представлены результаты десятилетних усилий сотрудников лаборатории по сбору, систематике, обработке и анализу пеплов крупнейших эксплозивных извержений Камчатки за последние 15–20 млн лет. Итогом этих работ является уникальная общедоступная база данных TerRhaKam (https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23627.13606) по составам вулканических стекол тефры и игнимбритов Камчатки. В базе приводятся результаты 7049 микронзондовых анализов единичных вулканических стекол и 738 анализов редкоземельных элементов, полученных по образцам пирокластики, отобраным на разном расстоянии от вулкана-источника во всех вулканических зонах Камчатки. В работе сделан общий обзор особенностей геохимического состава стекол Камчатки, и проанализированы пространственно-временные вариации их составов в пирокластике Камчатки. Материалы БД TerRhaKam могут быть использованы для реконструкции особенностей эволюции магматических очагов вулканов, расположенных в различных геодинамических обстановках полу-</p>

<p>130. Рудообразующие процессы, их эволюция в истории Земли, металлогенические эпохи и провинции и их связь с развитием литосферы; условия образования и закономерности размещения полезных ископаемых</p>	<div data-bbox="144 107 262 1137" data-label="Text"> <p>строва Камчатка (Восточный вулканический фронт, Центральная Камчатская депрессия, Срединный хребет).</p> <p>ИВиС ДВО РАН</p> </div> <div data-bbox="262 107 699 1137" data-label="Text"> <p>Проведен системный анализ гипотез образования крупнейшего в Стрельцовой кальдере Антей-Стрельцовского месторождения, включая источники урана и флюидов. Выполнены расчеты для вынужденно-конвективной модели с глубинным магматическим источником урана и свободно-конвективной модели с близко расположенными источниками урана в породах кальдеры и ее фундамента. Гипотеза глубинного источника согласуется с изотопно-геохимическими данными о привносе урана в систему Стрельцовской кальдеры расплавами, но ее сложно обосновать в качестве источника рудообразующих флюидов. Верифицированная числовыми моделями гипотеза термоконвективной циркуляции флюидов в остаточном тепловом поле магматического очага Стрельцовской кальдеры объясняет поступление урана из трех источников его ближней мобилизации: подкальдерного очага, пород фундамента и вулканических пород выполнения кальдеры. Соучастие в формировании вулканогенных месторождений трех высокопродуктивных источников урана является редким случаем и объясняет происхождение уникальных руд Стрельцовского рудного поля.</p> </div> <div data-bbox="699 107 1077 1137" data-label="Text"> <p>Получены новые данные по условиям минералообразования для Светлинского золотого месторождения – третьего по запасам золота на Урале (~135 т Au), особенностью которого является обилие в рудах различных теллуридов. Для реконструкции РТХ-параметров и источников флюидов были использованы новые данные микротермометрии, КР-спектроскопии и LA-ICP-MS флюидных включений, минеральной геотермометрии и изотопии кислорода. Установлено, что руды формировались в широком диапазоне температур и давлений (200–400°C, 1–4 кбар) контрастными флюидами. На ранних стадиях магматический флюид, эволюционирующий во время подъема и фазовой сепарации, и флюид, образующихся в результате декарбонизации и дегидратации вмещающих пород, были вовлечены в гидротермальную систему. Продуктивная золото-теллуридная минерализация образовалась при участии мантийного флюида. Ранние флюиды были обогащены H_2S, SO и CH_4, в то время как Au-Te минерализация отлагалась из растворов, обогащенных N_2.</p> </div> <div data-bbox="1077 107 1140 1137" data-label="Text"> <p>Изучена минералогия золота и серебра на полиметаллическом месторождении Бикси-зак (Южный Урал, Россия). Минерализация относится к метасоматическому орудуению</p> </div>
---	--

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>в карбонатных толщах, связанному со скарнами, которое развивается в периферических зонах порфирово-эпитермальных систем. Установлено разнообразие минеральных форм благородных металлов. Наиболее широко распространено самородное золото (пробность 853–939) в ассоциации с халькопиритом и сфалеритом. Также установлены: теллуридная ассоциация (тетрадимит, гессит, шгютцит, петцит, галенит, теллуровисмутит, вольтскит, раклиджит, алтаит, самородное золото пробности 830–900) и серебро-пирсеит-акантитовая ассоциация (акантит/аргентит, пирсеит-полибазит и минералы от самородного золота с пробностью 747 до самородного серебра). Показано, что разнообразие минеральных форм благородных металлов контролируется снижением температуры от 190–231°C до 148–156°C и вариациями фугитивностей серы и теллура.</p> <p style="text-align: center;">ИГЕМ РАН</p> <p>Впервые на количественном уровне был установлен потенциал стратегических металлов и оценена комплексность эвдиалитовых руд Ловозерского редкометального месторождения (Восток Фенноскандии). Исследовано около 600 образцов рудного эвдиалита, собранных по всему разрезу Ловозерского месторождения, включая все разновидности нефелиновых сиенитов, эвдиалитовые руды и пегматиты. Полученный аналитический материал дал возможность оценить и сравнить редкоземельные ресурсы лопаритоносного комплекса (2000 м), Эвдиалитового месторождения (450 м) Ловозера и апатитовые руды Хибин. Замечательной особенностью рудного эвдиалита являются повышенные концентрации тяжелых редких земель, что резко повышает их стоимость. В вертикальном разрезе массива в эвдиалитах отмечается заметный рост суммы редких земель, падение отношения LREE/HREE, увеличение содержания Sr, Hf, Sc, радиоактивных элементов, уменьшение Fe/Mn отношения. Эвдиалитовые руды являются комплексным сырьем, богатым помимо циркония и редких земель такими стратегическими металлами как Sc, Hf, U, Th, Mn.</p> <p>В целях экспериментального моделирования транспорта ЭПП и золота углеродсодержащими газами и жидкостями, входящими в состав мантийных флюидов, на основе разработанных методов синтезированы и детально охарактеризованы наноразмерные</p>

формы благородных металлов, предназначенные для моделирования транспорта ЭПГ и золота углеводородными средами, входящими в состав природных флюидов. Предложен и апробирован способ хроматографического разделения ионных и наноразмерных форм металлов, обеспечивающий (в сочетании со спектрометрическими методами детектирования) выявление изменения вклада индивидуальных форм в зависимости от среды и условий переноса.

Систематизированы и опубликованы данные о новых способах анализа пород, содержащих ультраследовые количества ЭПГ и золота. Обобщены и опубликованы данные по синтезу и исследованию высокодисперсных сорбиционных материалов с магнитными свойствами, перспективных для экоокехимических, биомедицинских и технологических целей.

С целью установления возможных минералов-концентраторов натрия и титана (главных элементов щелочного магматизма) на различных уровнях мантии Земли, а также выявления их структурных особенностей, была изучена модельная система $\text{Na}_2\text{O-MgO-SiO}_2\text{-TiO}_2$ в широком диапазоне давлений (7–24 ГПа) и температур (1000–1700°C). Na-мэйджорит установлен в ассоциации с $\text{Na}(\text{Ti}1.5\text{Mg}0.5)\text{O}_4$ со структурой кальциоферрита и стипшовитом при давлении 16 ГПа. Характерной особенностью Na-мэйджорита является присутствие в его составе примеси титана (до 4,5 мас. % TiO_2 , 0,23 ф.е. Ti). Фаза Cf характеризуется незначительной примесью кремния (до 2 мас. % SiO_2 , 0,060 ф.е. Si). Полученные MgSiO_3 бриджманиты представляют собой твердый раствор $\text{MgSiO}_3\text{-MgTiO}_3$ состава. Содержание титана в бриджманите достигает 12,9 мас. % TiO_2 , что соответствует 17 мол. % MgTiO_3 . Важно отметить, что содержание натрия в данной фазе достигает 3,8 мас. %. Полученные результаты и особенно успешный синтез Na- и Ti-содержащих фаз важны для понимания особенностей поведения этих элементов на больших глубинах. Na-мэйджорит, Na-Ti-пироксен и бриджманит могут выступать в качестве потенциальных минералов-концентраторов натрия в переходной зоне и нижней мантии Земли.

ГЕОХИ РАН

Экспериментальное изучение растворимости фенакита, Be_2SiO_4 , в алюмосиликатных расплавах различного состава при $T = 1000^\circ\text{C}$ и $P = 100$ МПа показало, что его растворимость зависит от состава алюмосиликатного расплава, возрастающая с увеличением апатитности $(\text{Na}+\text{K})/\text{Al}$, причем в водосодержащих расплавах содержание BeO примерно в два раза выше, чем в сухих; этот факт свидетельствует в пользу модели концентрирования бериллия в остаточных щелочных водосодержащих расплавах.

ИЭМ РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Изучено распределение рудных металлов Fe, Mn, Cu, Zn и Pb по колонкам фоновых и рудоносных карбонатных осадков, а также геохимическое поведение ртути в рудоносных и металлоносных осадках гидротермального поля Победа-2 и гидротермального узла Победа (Срединно-Атлантический хребет), оценены механизмы их накопления на основе выделения геохимических фракций, включающих подвижные (обменный комплекс, аутигенные Fe- гидроксиды, сульфиды) и литогенную формы. Установлена связь рудных компонентов с аутигенными Fe- гидроксидами и обломками измененных ультраосновных пород субстрата.</p> <p>Впервые изучен изотопный состав углерода и кислорода железных и марганцевых руд месторождения Ушкатын-III (Центральный Казахстан), которое относится к специфическому Атасу́йскому типу, отличительной чертой которого является сочетание в пределах единой геологической структуры стратиформных залежей железо-марганцевых и полиметаллических (барит-свинцовых и/или свинцово-цинковых) руд, которые ранее относились к гидротермально-осадочным образованиям. Установлено, что по изотопному составу углерода карбонаты гематитовых и браунитовых руд близки к нормально-морским известнякам, тогда как карбонаты гаусманитовых руд резко обеднены тяжелым изотопом углерода и они сформировались на стадии диагенеза.</p> <p>ГИН РАН</p> <p>Получены новые данные о находках жадеита на Западном Кавказе, исследованы образцы жадеита из Беденского массива серпентинитов. Сделана оценка практической значимости находок жадеита на Северном Кавказе и перспектив открытия новых месторождений этого самоцветного сырья в регионе.</p> <p>МинМузей РАН</p> <p>Предшествующие (2016–2018 гг.) исследования металлоносности мезо-кайнозойских осадочных толщ Северного Кавказа привели к открытию металлоносной (Au, Pt, Pd) юрской (J1) коры выветривания Беденского ультрабазитового массива (р. Большая Лаба). Поисковым индикатором металлоносности Au, Pt, Pd послужили железистые осадки</p>

продуктов разрушения альпинитовых ультрабазитов (Au – 0,5–0,6 г/т, Pt – 0,28–0,4 г/т; Pd – 0,2–0,3 г/т).

ИГ ДФИЦ РАН

На примере Лицевского урановорудного района определены характеристики гидротермального циркона и влияние гидротермальных процессов на структуру и состав ранее существовавшего в породе циркона. Структурные, изотопные и химические особенности циркона, связанные с флюидной и гидротермальной активностью, дают дополнительную информацию о генезисе гидротермальных месторождений (золото, уран и др.)

ГИ КНЦ РАН

Определены главные минеральные рудные ассоциации и минерало-геохимические индикаторы оруденения металлов платиновой группы (МПГ) и сопутствующего скандиевого в рудных объектах пудожгорского типа (месторождения Пудожгорское, Койкарское-Викша, проявления Мотко, Куолисма). Сульфиды и минералы МПГ ассоциируют с поздним парагенезисом рудовмещающих пород – амфибол±биотит±хлорит±ильменит-Il±альбит, пренит, темноцветные минералы которого характеризуются высокой железистостью и аномальными содержаниями хлора (до 5,5%). Это свидетельствует об участии на поздней стадии рудообразования Cl-содержащего позднемагматического флюида – благоприятного фактора для формирования благороднометалльной минерализации малосульфидного типа в базитах. Дана прогнозная оценка ресурсов благородных металлов и сопутствующего скандия в исследованных рудных объектах пудожгорского типа.

ИГ КарНЦ РАН

Впервые описана бадделейт-цирконовая минерализация в дифференцированных интрузиях Башкирского мегантиклинория (Южный Урал). Установлено, что бадделейт распространен по всему разрезу интрузивного тела, а циркон встречается только в габбровом горизонте, где детально описано замещение бадделейта цирконом. Сделан вывод о том, что это замещение обусловлено процессом магматической дифференциации расплава в промежуточной камере, когда при реализации кристаллизационно-гравитационной дифференциации силикатов ранней генерации остаточный расплав обогащается кремнеземом и формируются породы габбрового горизонта.

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Доказано, что ордовикские черносланцевые отложения поляковской свиты, рудовещающие для Сиратурского золоторудного месторождения, совместно с базальтами и базит-гипербазитовым основанием представляют собой единую офиолитовую ассоциацию. Полученные материалы показывают, что рассматриваемые породы образовались в эпиконтинентально-рифтовой геодинамической обстановке, сменявшейся затем океаническим спредингом. В результате последующей истории развития Магнитогорской мегазоны в раннем и среднем палеозое (океаническая и островодужная стадии) черносланцевые толщи испытали зональный приразломный метаморфизм. В это время были сформированы прожилково-вкрапленные золото-сульфидные руды (пробность 670–820). В коллизийный этап развития Южного Урала (С2–Р1), по-видимому, в связи с гидротермальной деятельностью гранитоидов балбукского комплекса образовались жильно-прожилково-вкрапленные золото-кварц-малосульфидные руды. Последние представлены высокопробным (940–970) золотом. В целом Сиратурское месторождение можно отнести к полигенному и полихронному типу.</p> <p style="text-align: center;">ИГ УФИЦ РАН</p>
	<p>Установлены основные закономерности размещения рудопроявлений золота и цветных металлов в пределах российской части Донбасса. По комплексу геолого-геофизических данных и металлогенических признаков выделены три рудных района, приуроченных к сводовым частям антиклиналей. Это связано с расположением вдоль их осей крупных продольных разломов, выполняющих роль магмо- и рудопродвигавших структур. Выявлены глубинный характер, крутое залегание, правосторонне-сдвиговая кинематика этих разломов, а также наличие присдвиговых дуплексов, выполняющих роль магмо- и рудовещающих структур. Выявленные ранее центры интрузивного магматизма, рудопроявления золота и цветных металлов приурочены к транспрессионным дуплексам сжатия.</p> <p style="text-align: center;">ЮНЦ РАН</p> <p>С целью выявления источников рудного вещества платиноидной минерализации выполнены прецизионные определения изотопного состава осмия в минералах плати-</p>

новой группы из ультраосновных пород зонального Кондёрского массива (юго-восток Сибирской платформы), с которым ассоциирует уникальное россыпное месторождение платины. Впервые установлено, что минералы платиновой группы хромитов и апатит-флогопит-магнетитовых клинопироксенитов связаны соответственно с хондритовым и супрахондритовым источниками рудного вещества. Полученные данные свидетельствуют в пользу двух контрастных источников элементов платиновой группы в ультраосновных породах Кондёрского массива и являются новым индикатором промышленного платиноидного оруденения в зональных клинопироксенит-дунитовых массивах.

ИГиГ УрО РАН

На основе рудно-фациального и минералогического анализа и результатов термодинамического моделирования доказан закономерный характер нахождения собственных минералов селена (селенидов, самородного селена) в зонах окисления субмаринного и континентального происхождения, развитых над девонскими колчеданными месторождениями Урала. Максимальное обогащение селеном и видовое разнообразие селенидов свойственно нижней части зон окисления обоих генетических типов. Спорадические находки селенидов в верхней части зон окисления, не связанные с повышенными концентрациями селена, обусловлены локальными факторами, среди которых предполагается бактериальная активность.

ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН

Предложен новый подход для прогнозирования неустановленных коренных источников россыпей минералов платиновой группы (МПГ) Сибирской платформы с использованием индикаторных минералого-геохимических особенностей МПГ и минералов-включений в них, а также сопоставления ^{190}Pt - ^{4}He и Re - Os изотопных датировок МПГ с возрастом базит-ультрабазитовых комплексов крупных изверженных провинций. Проведенная корреляция показала, что потенциальными источниками таких россыпей могли быть погребенные под платформенным чехлом докембрийские мафит-ультрамафитовые интрузии, связанные с крупными магматическими событиями, имевшими место 1915, 1870, 1750, 1640, 1500, 1380, 1270, 1005 и 720 млн лет назад на Северо-Азиатском (Сибирском) кратоне.

ИГАБМ СО РАН, ИГГД РАН, ТГУ

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>В результате комплексного исследования руд и рудовмещающих пород одного из промышленных золоторудных месторождений, выделены главные черты месторождений «сухоложского» типа: 1) в локализации крупных месторождений проявлена их приуроченность к хомолхинской и аунаикитской черносланцевым толщам, характеризующимся сидеро-халькофильной специализацией и повышенным содержанием золота; 2) рудная минерализация формировалась при температурах близких к зеленосланцевой фации метаморфизма (200–400°C); 3) формирование рудной минерализации происходило без значимого привноса K, Na, Mg и Si с перераспределением <i>in situ</i>, не изменяя общий баланс компонентов во вмещающих породах.</p> <p style="text-align: center;">ИГХ СО РАН</p> <p>Изучение состава флюидных включений в минералах руд Мо-порфирового месторождения Давенда и сульфидно-кварцевого золоторудного месторождения Александровское (Восточное Забайкалье), а также в минералах магматических пород, показало, что рудообразующие флюиды наследуют солевой и газовый состав магматогенных флюидов, генерация которых происходила при кристаллизации пород «рудноносного» амуджиканно-среденского комплекса, формировавшегося одновременно с Au и Mo-оруденением.</p> <p>Определено, что образование пород Желтулинского щелочного комплекса (фоидитовые монцититы-щелочные сиениты) происходило в результате процесса кристаллизационной дифференциации из щелочного расплава основного состава, который взаимодействовал с вмещающими гнейсами. Формирование первичных расплавов для пород комплекса происходило из обогащенного источника. Возраст рудных метасоматитов составил $121,4 \pm 2,3$ млн лет и синхронен интервалу образования щелочных пород комплекса (121–118 млн лет).</p> <p style="text-align: center;">ИГМ СО РАН</p> <p>Получен неопротерозойский (850–860 млн лет; U-Pb, Re-Os и $40\text{Ar}/39\text{Ar}$) возраст гранитоидов, вмещающих Таинское золоторудное месторождение в Восточном Саяне. Обоснована островодужная природа гранитоидного магматизма. Минералогическо-геохимическое исследование</p>

ческими данными и близким возрастом доказана генетическая связь золотого оруденения с гранитоидным магматизмом. Выделены возрастные рубежи, отражающие этапы тектонической эволюции Восточно-Саянского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса.

ГИН СО РАН

Установлена геодинамическая обстановка формирования позднелавровых даек Яно-Колымского золотоносного пояса северо-восточной части Сибирского кратона. Дайки неравообразного комплекса, имея разнообразный состав, характеризуются сходством в распределении РЗЭ, формировались (151–145 млн лет назад, циркон, U-Pb SHRIMP-II) из смешанного обогащенного и истощенного мантийного источника до и синхронно с коллизией Колымо-Омолонского супертеррейна и восточной окраины Сибирского кратона. Наблюдаемое пространственное совмещение месторождений и областей дайкового магматизма, их связь с крупными региональными разломами, а также близкий возраст указывают на возможные общие глубинные источники рудоносных флюидов и позднелаврового дайкового магматизма.

ИГАБМ СО РАН, НГУ, ИНГГ СО РАН, ВСЕГЕИ

Изучены магматические комплексы и вмещающие их осадочные карбонатные породы Восточно-Тувинской щелочной провинции. Геохронологические исследования щелочных канкринитовых пегматитов Дахунурского массива позволили установить возраст 506 ± 5 млн лет. Полученные данные позволяют разделить Дахунурский массив на две разновозрастные ассоциации пород – раннелавровую «ийолитовую» и позднелавровую нефелин-сиенитовую.

ТУВИКОПР СО РАН

На основе комплексных исследований мел-кайнозойских углей юга Дальнего Востока России и северо-западного Китая установлено, что кайнозойское угленакпление в рассматриваемых регионах разделяется на 5 этапов, из которых наиболее металлоносны (Ge, W, Be, Mo, Sb, Sr, Ba, PZ, Th и U) раннеэоценовый и позднелавровый. Раннелавровое угленакпление оказалось почти бесплодным в отношении рудной минерализации. Позднеэоценовый этап синхронен с похолоданием климата и открытием Японского моря, а раннеэоценовый – с Индо-Евразийской коллизией. Показано, что рудоносность

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>угольных бассейнов связана с вулканической активностью и мантийной дегазацией. Вулканические породы являлись одним из основных источников металлов, а мантийные газы, совместно с кислотными осадками, органикой и сульфат-редуцирующими бактериями, придавали метеорным водам способность выщелачивать и перераспределять редкие металлы, концентрируя их в углях и сопутствующих аргиллизитах.</p> <p style="text-align: center;">ДВГИ ДВО РАН</p> <p>Проведены комплексные вещественные и геохимические исследования золоторудных месторождений Наталка, Павлик и вмещающих их верхнепермских отложений (руч. Тихоня). Установлено обогащение руд халькофильными микроэлементами Au, Ag, As, W, Sb относительно средних значений верхней коры и неизменных пород. Отсутствие аномальных концентраций Ni, Co, Sb, Mo, Cr, Se указывает на их переотложение из рудовмещающих толщ, без привноса рудообразующими флюидами. Формирование месторождений протекало с изменением концентраций РЗЭ; однотипные закономерности распределения спектров РЗЭ в рудах отражают унаследованную природу от неизменных верхнепермских пород. Часть рудных элементов в неизменных отложениях имеет собственные минеральные формы. Полученные данные показали существенную исходную роль верхнепермских отложений, обусловивших благоприятную обстановку для дальнейшего рудообразования и послуживших дополнительными источниками благородных и сопутствующих металлов.</p> <p style="text-align: center;">СВКНИИ ДВО РАН</p> <p>Плутонические ассоциации в орогенных поясах являются индикаторами фракционирования примитивных островодужных магм и формирования коры островодужного типа при определенных окислительно-восстановительных условиях. В породах ультраосновного-основного комплекса Ильдеус-Луча (Становая складчатая область) обнаружены микрофрагменты самородных металлов (W, Pt, Au, Ag, Zn, Bi) и интерметаллических соединений (Cu-Au-Ag, Pt-Rh-Pd, CuSn-Zn). Согласно полученным данным образование самородных W и, возможно, Pt происходит непосредственно в островодужных магмах в</p>

	<p>экстремально восстановительных условиях субдукционной литосферы, а большинство интерметаллических соединений – в процессе серпентинизации при коллизии Станового островодужного комплекса, что свидетельствует о гетерогенности зон субдукции в отношении окислительно-восстановительных условий.</p> <p style="text-align: center;">ИТиГ ДВО РАН</p>
<p>131. Геология месторождений углеводородного сырья, фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа, научные основы формирования сырьевой базы традиционных и нетрадиционных источников углеводородного сырья</p>	<p>На основе сейсмостратиграфического анализа тектоно-седиментационных систем выполнено районирование Прикаспийской нефтьгазоносной провинции. Получены новые данные о строении и истории формирования акчагыльско-ашеронских отложений, что расширяет перспективы нефтьгазоносности региона. Для подтверждения прогнозного сейсмостратиграфического разреза девонско-нижнепермских отложений предложены места заложения сверхглубоких параметрических скважин в Сарпинском прогибе, на Алтаинской и Астраханской площадях.</p> <p>Выполнен анализ условий катагенеза органического вещества осадочных отложений северо-восточной части Баренцевоморского шельфа в стратиграфическом интервале среднего палеозой-нижний мел общей мощностью до 18,5 км. Установлено, что вертикальная катагенетическая зональность осадочного чехла определена последовательно сменяющимися катагенетическими градациями – от ПК до АК1-2 включительно. Уровень преобразования ОВ изменяется от протокатагенеза (ПК) в юрско-меловых отложениях до апокатагенеза (АК) в карбоне и пермских отложениях. С глубиной происходит нарастание уровня зрелости ОВ, но с разной интенсивностью. До глубин порядка 7,5–8,0 км эти толщи еще не вышли из главной зоны нефтеобразования (градации МК1-3) и могут представлять интерес для поисков нефтяных залежей. Ниже, в глубинной зоне газообразования до 20 км, могли сохраниться лишь скопления легких нефтей и газов. Нестационарное моделирование палеотемператур в модели «backstripping» позволило рассчитать интервал катагенетических температур геологического прошлого, а именно, для того времени, когда происходил катагенез ОВ. Это надежный метод прогнозирования нефтьгазоносности, который рекомендуется включить в комплекс поисково-разведочных работ в осадочных бассейнах.</p> <p style="text-align: center;">ГИН РАН</p> <p>Впервые показано, что газонасыщенные продуктивные отложения Вуктыльского НГКМ являются нефтегазоматеринскими и находятся в диапазоне стадий нефтегенерации ПК2 – МК2, что указывает на присутствие нефти в продуктивных отложениях газо-</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>вой части ВНКМ. Результаты получены на основе битуминологических исследований, исследований методом пиролиза, связи температуры максимальной генерации углеводородов Т_{max} с отражательной способностью витринита, исследований накопленных битумоидов способом инфракрасной спектроскопии (ИКС), исследований в люминесцентном микроскопе в свежих сколах образцов пород, а также анализа соотношения концентраций хлороформных и спирто-бензольных битумоидов в породах. Впервые для Вуктыльского НКМ были проведены исследования оценки избирательной смачиваемости пород на коллекции незатрагированного керна. Усовершенствована петрофизическая модель продуктивных отложений Вуктыльского нефтяногазоконденсатного месторождения (ВНКМ), выявлены новые типы коллекторов: низкоёмкий трещинно-поровый и высокоёмкий поровый слабопроницаемый.</p> <p>На акватории моря Лаптевых получены доказательства приуроченности зон активной миграции газа и дегазации недр к зонам тектонических разломов лаптевоморской системы рифтогенных грабенов с повышенной сейсмической активностью, основанные на комплексном анализе данных сейсморазведки методом общей глубинной точки (МОГТ) в объеме 5910 км и распространения крупных сипов газа. На континентальном склоне моря Лаптевых, Черном и Азовском морях, выявлены широкомасштабные опасные оползневые процессы; построены картографические схемы распространения оползневых угроз. Мощные оползневые явления выявлены в гигантском Саянском кратере выброса газа. В результате анализа архивных материалов сейсморазведки МОГТ в море Бофорта в объеме 112 сейсмопрофилей общей протяженностью 8440 км (USGS) выявлены закономерности распределения 184 аномальных потенциально газонасыщенных объектов в верхней части разреза: 82,1% объектов расположены на глубинах 0–200 м; 88% объектов имеют горизонтальные размеры до 2 км; на континентальном склоне на 22 сейсмопрофилях выявлены потенциальные залежи газовых гидратов и оползневые процессы.</p> <p style="text-align: center;">ИПНГ РАН</p> <p>На представительном материале шести типов нефти из разных залежей Тимано-Печорского бассейна, относящихся к трём геохимическим группам, зафиксирован изотопный эффект по углероду, возникающий при циклизации и ароматизации n-алкильной</p>

цепи. Формирование дополнительного ароматического цикла при переходе от н-алкил-бензола к 1-н-алкилнафталину повышает величину $\delta^{13}\text{C}$ на 2,1–3,3 ‰. Результаты имеют принципиальное значение для понимания сложного комплекса процессов, формирующих изотопный состав углерода горючих ископаемых, их фракций и отдельных соединений.

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

Установлено, что подземные рассолы хлоридного натриевого состава залегают в верхней части геологического разреза Тунгусского, Ангара-Ленского и Якутского артезианских бассейнов и перекрывают мощные пласты каменной соли ниже-среднекембрийского возраста. Хлоридные кальциевые рассолы заполняют весь осадочный чехол и доминируют в общем объеме подземных вод, формируя подсолёные и солёносные гидрогеологические формации венда-нижнего кембрия в Тунгусском, Ангара-Ленском и Якутском артезианских бассейнах, вскрываются в несолёносных осадочных толщах венда-верхнего кембрия Оленёкского артезианского бассейна. Минерализация рассолов достигает 600 г/дм³ и выше. Геохимические и изотопные данные свидетельствуют, что хлоридные натриевые и хлоридные кальциевые рассолы парагенетически связаны с солёносными фациями осадочного чехла Сибирской платформы и являются результатом не только растворения галогенных пород, но и глубокого взаимодействия исходной морской рапы с вмещающими горными породами.

ИЗК СО РАН

Комплекс геолого-геофизических исследований позволил выделить в западных районах Енисей-Хатангского регионального прогиба зоны благоприятные для развития коллекторов в продуктивных пластах ачимовской толщи, которые являются продолжением крупной Пайяхской зоны нефтенакопления на левом берегу Енисея, где открыт нефтяной гигант – Пайяхское месторождение с извлекаемыми запасами нефти 1,2 млрд тонн. Впервые разработаны структурные, экранирующие, фильтрационно-емкостные модели строения глубокопогруженных региональных резервуаров нефти и газа нижнеюрских отложений Енисей-Хатангской и восточной части Гыданской нефтегазоносных областей (арктические районы Западной и Восточной Сибири). По каждому резервуару составлены наборы нефтегазогеологических карт: структурных, вещественного состава, толщин проницаемых комплексов и содержащихся в них песчаников и коллекторов, оценки качества флюидоупоров.

ИНГТ СО РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>По результатам геохимического изучения нефтематеринских свойств пород дана дифференцированная оценка нефте- и газогенерационного потенциала осадочных толщ в разрезе среднепалеозойских-мезокайнозойских отложений на шельфе Восточно-Сибирского моря и территории северо-востока Сибирской платформы. Результаты могут быть использованы при прогнозе нефте- и газоносности на шельфе морей Лаптевых и Восточно-Сибирского и прилегающей континентальной части. ИПНГ СО РАН</p> <p>Построена современная модель геологического строения берриас-нижнеаптских (неокомских) отложений в арктических регионах Западной Сибири и на шельфе Карского моря. В составе неокома выделены клиноформный и шельфовый комплексы. В Ямальной и Гыданской НГО неокомские клиноформы имеют классическое строение, наклонены в северо-западном направлении и формировались за счет поступления терригенного материала с Сибирской платформы; на шельфе Карского моря неокомские клиноформы погружаются в южном, западном и восточном направлениях и формировались за счет сноса осадков с архипелага Новая Земля и Сибирского порога. Залежи углеводородов в клиноформном комплексе контролируются литологическими и структурно-литологическими ловушками, нефтегазоперспективные объекты шельфового комплекса связаны с антиклинальными структурами.</p> <p>На основе комплексного анализа материалов геохимических, литологических, палеонтологических исследований керна и данных геофизических исследований скважин для юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в интервале баженовской свиты уточнен тип коллектора и построена генерализованная модель строения черносланцевого резервуара. Построена схема прогноза нефтеносности продуктивного горизонта Ю0 баженовского резервуара. В пределах наиболее перспективной зоны после уточнения качества перекрывающего флюидоупора по материалам сейсморазведки ряд локальных поднятий можно рекомендовать к поисковому бурению.</p> <p>Детальные минералого-геохимические исследования баженовской свиты Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна позволили определить два основных типа выделе-</p>

	<p>ний пирита, формировавшихся на разных стадиях диа- и катагенеза: фрамбоидального и скрытокристаллического. Интенсивное образование скрытокристаллического пирита происходило у нижней и верхней границ баженовской свиты в диагенезе, в результате осаднения пирита на редокс-геохимических барьерах из флюидов, насыщенных сульфидами железа, и мигрировавших из высокоуглеродистой части баженовской свиты. С привлечением комплексного анализа данных геохимии, литологии и материалов ГИС были рассмотрены особенности зоны перехода баженовской свиты в подачимовскую толщу, выявлены критерии выделения верхней границы свиты в центральных районах Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. Показано, что для достоверного выделения кровли баженовской свиты необходимо использовать результаты литолого-геохимического исследования кернa скважин и каротажа, в первую очередь обращая внимание на радиоактивные методы.</p> <p style="text-align: center;">ИНПГ СО РАН</p> <p>Подведены итоги 14-летнего мониторинга нефтезагрязненных почв криолитозоны. Показано, что трансформация нефтезагрязнения в природных условиях протекает с накоплением токсичных для почвенных биоценозов компонентов по схеме: алифатические углеводороды → циклические нафтеново-ароматические углеводороды → спирто-бензолные смолы с преимущественно ароматической структурой.</p> <p style="text-align: center;">ИПНГ СО РАН</p> <p>По результатам обобщения материалов сейсморазведочных работ разработана и обоснована сейсмостратиграфическая модель Алдано-Майского осадочного бассейна. Построены поперечные и продольные сейсмостратиграфические разрезы, изучены особенности строения осадочного чехла и уточнены границы бассейна. На основе сейсмических разрезов с привлечением геологической карты масштаба 1:2500000 составлена тектоническая схема рифейских структур. Оценены мощности и площади материнских толщ. Полученные результаты позволяют более целенаправленно планировать нефтегазопоисковые и разведочные работы.</p> <p style="text-align: center;">ИТиГ ДВО РАН</p>
<p>132. Комплексное освоение и сохранение недр Земли, инновационные процессы разработки месторождений</p>	<p>Разработана методика обоснования оптимальных динамично изменяющихся производственных мощностей горнодобывающих и перерабатывающих производств в едином горно-обогательном комплексе горнодобывающего предприятия, а также режима раз-</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
<p>полезных ископаемых и глубокой переработки минерального сырья</p>	<p>вятия горных работ на различных этапах освоения месторождения с учетом распределения ценных компонентов в массиве месторождения при варьировании кондций по среднему и бортовому содержанию и оперативному контролю этих параметров для достижения наиболее полного и экономически эффективного освоения недр.</p> <p>Впервые для сверхглубоких подземных рудников разработана горнотехническая система разработки совместно залегающих разнородных руд с применением камерной системы разработки на всю мощность рудоносной интрузии, позволяющая осуществлять предконцентрацию более бедных вкрапленных руд за счет сепарации горной массы под землей и использования отходов производства при выщелачивании в подземных условиях и в складке выработанного пространства, что повышает технико-экономическую эффективность добычи до 20% и обеспечивает безопасность ведения горных работ.</p> <p>Научно обоснован и экспериментально подтвержден механизм сорбции новых комплексообразующих реагентов группы пирозолов (ДТМ) и дитиокарбаматов (МДТК), обеспечивающих селективную гидрофобизацию золотосодержащих сульфидов и эффективное извлечение микро- и наноразмерного золота из труднообогатимых руд.</p> <p>С применением методов ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) и молекулярного моделирования обоснован механизм активации сульфидов сурьмы сочетанием катионов металлов ($\text{Cu}_2^{++}\text{Zn}_2^{+}$) и ($\text{Cd}_2^{++}\text{Ag}^{+}$) за счет уменьшения степени миграции катионов вглубь решетки минерала. При флотации сурьмяной руды с использованием смеси активаторов получен концентрат с содержанием сурьмы 48,7% при извлечении 95,8.</p> <p>Обоснован и разработан новый класс сорбентов из сапонитсодержащих продуктов Ломоносовского алмазородного месторождения с высокой сорбционной способностью. У крупными лабораторными испытаниями совместно с ИПЭС КНЦ РАН подтверждена высокая эффективность сорбентов на основе модифицированного сапонита для очистки оборотных вод Ковдорского ГОКа до ПДК для рыбохозяйственных водоемов.</p> <p>Дано новое решение повышения эффективности тяжелосредней сепарации (ТСС) алмазосодержащего материала за счет модифицирования поверхности ферросилициевых гранул азотированным слоем, что позволяет снизить потери дорогостоящего ферросили-</p>

ция, используемого в процессах ТСС. Создан экспериментальный образец ферросилиция для алмазоизвлекающих фабрик АК «АЛРОСА», отличающийся высокими антикоррозионными свойствами и повышенной износостойкостью.

Для моделирования характерных особенностей внезапного выброса угля и газа применена концепция энергонасыщенного материала. Действие генерируемых при выбросе угля и газа волн сжатия инициирует активацию энергонасыщенного пласта, что приводит к интенсивному выбросу материала пласта с образованием полости. Разработан вычислительный алгоритм в рамках SPH подхода, который при вариации свойств пласта и параметров энергонасыщенности позволяет получить величины, характеризующие выброс, близкие к значениям, наблюдаемым в натурных условиях.

Разработана модель и численный алгоритм расчета возможного обрушения пород кровли выработанного пространства по мере его развития при отработке пластовой залежи. Выявлены особенности деформирования и разрушения пород кровли залежи с возможным выходом разрушения на дневную поверхность.

ИПКОН РАН

Разработана и введена в эксплуатацию система микросейсмического мониторинга прибортового пространства глубокого Ковдорского карьера, обеспечивающая прогноз опасных динамических явлений в его рабочей зоне за счет контроля зон разрушения массива посредством сейсмодатчиков в глубоких скважинах.

Установлены закономерности формирования удароопасных зон в высоконапряженном массиве горных пород с учетом влияния природных и техногенных факторов. Для Кукишумчорского месторождения проработаны триггеры, приводящие к дополнительной активизации сейсмической активности, реализующейся в виде толчков и горных ударов, включающие: формирование вторичных техногенных полей напряжений; динамическое воздействие технологических взрывов; проходку выработок в направлении, перпендикулярном действию максимальных сжимающих напряжений; сезонную обводненность массива горных пород. Обоснован комплекс мероприятий, позволяющих снизить удароопасность в зоне ведения горных работ.

На примере ряда месторождений Хибинского апатитовой дуги установлен диапазон критических размеров блоков-целиков и вид зависимости уровня максимальных сжимающих напряжений от расстояния между фронтами подземных и открытых горных работ в условиях гравитационно-тектонического поля напряжений. Результаты получен на

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>основе трехмерного моделирования напряжённо-деформированного состояния с учетом геологических, геомеханических и горнотехнических факторов.</p> <p>На основе сравнительного изучения кинетики измельчения бедных и богатых лопаритовых руд установлены общие закономерности формирования эффективного обогащаемого класса крупности ($-0,63+0,07$ мм), что позволяет, управляя режимом измельчения, достичь для бедных руд показателей разделения сравнимых с показателями обогащения богатых руд.</p> <p style="text-align: center;">ГОИ КНИЦ РАН</p> <p>В целях повышения инновационного потенциала научно-технических решений по эффективной разработке месторождений нефти и газа (1) разработаны аналитические основы нового метода интерпретации данных гидродинамических исследований скважин, что позволяет существенно повысить достоверность определения параметров пласта; (2) предложена обобщенная модель двухфазных течений в пористых средах, учитывающая разделение жидкости на подвижную и неподвижную фазы, циклическую смену процессов дренажа и пропитки, образование остаточных областей нефти и газа и гистерезиса капиллярного давления; (3) экспериментально доказано существование нового типа капиллярного конечного эффекта, связанного не с контрастностью фильтracионно-емкостных свойств, а с гетерогенностью смачивания на макроуровне, при этом показано, что процессы фильтрации в области этого эффекта описываются нелинейным законом; (4) экспериментально и численным моделированием показано, что свойства исследованного тампонажного материала обладают достаточным запасом прочности как в процессе твердения, так и под воздействием глинокислотного реагента; (5) детализированы представления о физическом механизме воздействия магнитного поля для предотвращения отложений тяжелых фракций нефти на стенках насосно-компрессорных труб; установлено соответствие механизма магнитной обработки результатам практического применения.</p> <p>Впервые разработан комплекс методов для оценки характерного времени релаксации τ при фазовых переходах в углеводородных смесях в стволах скважин и нефтегазовых пластах. Данный параметр принципиально важен для достоверного расчета процес-</p>

сов разработки нефтяных и газоконденсатных залежей после выделения в пласте второй углеводородной фазы, а также для освоения скважин и бурения с растворами на нефтяной основе. Метод оценки τ для течений в стволах скважин учитывает процесс диффузии при росте/коллапсе пузырей газа в жидкости. Оценки для типичных параметров скважин Западной Сибири показали зависимость τ от времени и его существенное различие для процессов выделения и растворения газа. Для течений в пласте разработана численная модель и по результатам синтетических тестов и обработки реальных данных обоснована возможность оценки τ по кривым восстановления давления в скважинах. Подтверждена существенная зависимость τ от масштаба описания процесса. Нарботки нашли применение на уникальном по запасам и содержанию конденсата объекте Западной Сибири в условиях низкопроницаемого коллектора, высокого давления, температуры и околокритического состояния флюида.

ИПНГ РАН

Впервые дано теоретическое объяснение известного на практике опасного образования сплошной пелены капельной влаги в вентиляционных стволах глубоких рудников (water-blanketing эффект), которое возникает в определенном диапазоне скоростей воздуха и приводит к увеличению нагрузок на вентиляторные установки и их переходу в устойчивый аварийный режим работы. Показано, что данный эффект возникает как за счет конденсации влаги из воздуха при адиабатическом расширении, так и за счет притоков грунтовых вод через трещины в крепи ствола. Найдены теоретические значения критических скоростей воздуха совпали с результатами экспериментальных исследований. Учет этих факторов позволит предотвращать накопление капельной влаги в вентиляционных стволах на практике и существенно снизить риски крупных аварий в глубоких рудниках.

Горный институт филиал ФИЦ УрО РАН

Создана комплексная технология переработки медно-никелевой руды и концентрата, позволяющая извлекать цветные металлы и повышать степень извлечения металлов платиновой группы (МПГ) последующим цианированием. На примере медно-никелевой руды, содержащей МПГ, с месторождения Ньюд II Мончегорского рудного района (Мурманская обл.) показано, что биовыщелачивание при разных температурах за 70 суток позволяет извлечь из руды никель и медь в следующих концентрациях: при 25°C – 18% Ni

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>и 2% Cu; при 35°C – 20% Ni и 2,4% Cu; при 45°C – 17% Ni и 0,8% Cu. Биореакторное выщелачивание низкосортного медно-никелевого концентрата руды месторождения Ньюд II позволило при 40°C извлечь 33% Cu и 70% Ni.</p> <p style="text-align: center;">ИПЭС КНЦ РАН, ИПКОН РАН, ФИЦ Биотехнологии РАН</p> <p>На основе математического моделирования с использованием специального программного комплекса разработаны рекомендации по выбору рациональных режимов вентилиции сети горных выработок высокомеханизированных россыпных шахт криолитозоны в период их строительства и эксплуатации. Определены рациональные параметры вентилиции туликовых и очистных выработок исходя из условия поддержания требуемого теплового режима шахты в летний период с целью обеспечения их устойчивости.</p> <p>Разработан программный комплекс моделирования гидравлического разрыва породного массива для задач и условий подземной разработки твердых полезных ископаемых. Комплекс создан на основе расширенного метода конечных элементов и содержит модули расчета напряжения порового давления и конфигурации потоков воды и газа в дренируемых породах в двумерной и трехмерной постановках.</p> <p style="text-align: center;">ИГД СО РАН</p> <p>Впервые предложен и обоснован вариант исполнения спектрально-акустического метода и оборудования для прогноза газодинамических явлений, основанного на зависимости медианы амплитудно-частотной характеристики шумов работающего по уголю горного оборудования от напряженного состояния призабойного пространства. Создана уникальная установка для моделирования влияния напряженного состояния и наличия нарушений в пласте на спектр «шума» режущего органа комбайна впереди подготовительной выработки.</p> <p>Разработан автоматизированный метод прогноза метанообильности очистных и подготовительных забоев, контроля и управления газовыделением на выемочных участках, обладающий высокой адаптивностью к конкретным горно-геологическим и горно-тех-</p>

нологическим условиям. Метод базируется на особенностях газокинетических свойств углей, газодинамической деструкции угольных пластов при их отработке, на условиях проведения действующих, проектируемых очистных и подготовительных забоев, а также выработок-аналогов, и учитывает закономерности нелинейных геомеханических процессов в массиве горных пород в процессе их разгрузки от горного давления.

ИУ ФИЦ УУХ СО РАН

Для двухэтапной модели выбороопасности установлено, что критерий выполнения первого этапа – развитие трещин в призабойном пространстве, и критерий выполнения второго этапа – внезапное разрушение и выдавливание слоя угля в месте устья полости возникающего выброса угля и газа, в отсутствии газа в угле равны между собой. С ростом внутрипластового давления газа, контролируемого по концентрации метана в атмосфере выработки, оба критерия уменьшаются экспоненциально. При этом скорость уменьшения критерия развития трещин значительно выше скорости уменьшения критерия выдавливания слоя угля.

ИУ ФИЦ УУХ СО РАН

Разработана технологическая схема комплексной переработки сырьевита на основе сернокислотного разложения с предварительным термохимическим активированием магнезитом при 1150°C, приводящей к образованию кислоторастворимых лейцита KAlSi_2O_6 и форстерита Mg_2SiO_4 . Данный подход позволяет значительно удешевить переработку и, за счет рекуперации затрачиваемой магниевой добавки, расширить ассортимент получаемой продукции до сульфата магния $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, а образующиеся квасцы при стекании с поташом перерабатывать до глинозема Al_2O_3 и сульфата калия K_2SO_4 .

БИП СО РАН

Изучено влияние последовательности введения микропузырьковой газовой среды (МГС) в процесс реагентной флотации угля, обеспечивающей различные условия формирования флотационного комплекса. Установлено, что наибольшей эффективностью обладает способ подачи МГС в угольную пульпу с апольярным реагентом. Показано, что закрепление МГС предпочтительно происходит на естественно гидрофобной или гидрофобизированной апольярными реагентами поверхности угольных частиц размером менее 50 мкм. Исследовано влияние степени диспергирования флотореагента-собирателя

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>на эффективность процесса флотации угля. На примере керосина установлено, что двукратное увеличение степени раздробленности капель реагента в дисперсной среде способствует повышению эффективности микропузырьковой флотации примерно в полтора раза по сравнению с типовыми условиями.</p> <p style="text-align: center;">ИУ ФИЦ УУХ СО РАН</p> <p>Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена эффективность циклического перколяционного выщелачивания меди из низкосортных упорных медно-порфировых руд с сопутствующими золотом и серебром активированными растворами с серно-кислотно-нитритной основной и растворами с хлоридными комплексобразователями. Достигнуто извлечение меди свыше 80%, что позволяет использовать эту схему как для варианта кучного выщелачивания из руд, добываемых в карьере, так и для подземного выщелачивания меди из глубокозалегающих участков рудных тел.</p> <p>С применением комбинированного минералого-технологического метода установлены формы проявления золота и серебра в золото-медно-порфировой руде с низким содержанием ценных компонентов. Подтверждена флотирuemость свободного золота диизобутил-дифосфатом; извлечение тонковкрапленного золота определяется извлечением золотосодержащего халькопирита и пирита. Установлено, что использование азарции для подавления пирита в цикле селективной флотации коллективного концентрата и применение активного угля для снижения избытка собирателя способствуют повышению качества золотомедных концентратов. Выявлено, что тонкие «угольные» покрытия селективны по отношению к поверхности золота и сульфидных минералов. В оптимальных условиях в концентраты медной флотации извлекается 70,1 % халькопирита и 12,6% пирита; концентраты обогащены золотом – 11,6 г/т и серебром – 31,4 г/т.</p> <p style="text-align: center;">ИГД ДВО РАН</p> <p>Разработана технология раздельного получения фракций в продуктах стораения углей (шлак, зола уноса, шлам). Изучены геохимия, морфология, особенности состава и строения частиц золота в угле Архаро-Богучанского месторождения (Верхнее Приамурье).</p>

<p>Выделены и исследованы две их разновидности. Первая – комковатые индивидуумы, часто с заметными элементами обработки водными потоками, в значительной мере отражающие рудную специализацию коренных источников питающих провинций; вторая – рыхлые агломераты, слабо сцементированные окислами железа и ртутью, формирующиеся при 600–800°C различной природы.</p>	<p>ИГП ДВО РАН</p>
<p>133. 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)</p>	<p>Проведены междисциплинарные исследования в экспедициях в Северном Ледовитом и Атлантическом океанах и их морях, в Атлантическом секторе Южного океана, экспедиционные исследования в Балтийском и Черном морях.</p> <p>ИО РАН, ТОИ ДВО РАН, МГИ РАН</p> <p>Проведены численные эксперименты по реконструкции процессов взаимодействия океана и атмосферы на акватории Северной Атлантики, позволившие определить долгосрочные граничные условия для экспериментов с моделью циркуляции субполярной Атлантики в период 1992–2019 гг. Построены долговременные ряды теплосодержания субполярной Северной Атлантики, показавшие рост теплосодержания верхнего 700–метрового слоя последние десятилетия на 2–3%.</p> <p>Выполнен анализ роли волновых и вихревых процессов в формировании климатообразующих механизмов Мирового океана. В части волновых процессов Ньюэллом и Захаровым обобщено кинетическое уравнение Хассельманна. Новое уравнение учитывает не только резонансные четырехволновые взаимодействия, но и диссипацию, связанную с обрушением волн. Исследованы линзы срединноморской воды, так называемые «медиди», и показано сохранение их массы в масштабе одного года. Анализ временной изменчивости линз проведен с использованием теоретического подхода для интрузионной линзы в стратифицированной жидкости с учётом силы Кориолиса.</p> <p>Исследовано взаимодействие приповерхностного океанского синоптического вихря с вихрями, сосредоточенными в среднем слое и моделирующими внутритермоклинные линзы; нижний слой моделирует глубокий океан. Показано, что внутритермоклинный диполь может быть либо захвачен приповерхностным вихрем, либо выходит на неограниченную траекторию. Асимметричные диполи могут совершать петлеобразные движения, оставаясь в окрестности приповерхностного вихря. Эти результаты позволяют включать эффекты взаимодействия вихрей в численные модели океана в высоком разрешении.</p>

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Изучена самая северная струя Антарктического циркумполярного течения (АЦТ). Струйное течение вдоль берега Южно-Шетландских островов переносит относительно теплые воды. В юго-восточной части пролива Бранфилда обнаружены холодные воды моря Уэдделла. Глубоководная часть пролива тоже заполнена холодными водами: минимальное значение потенциальной температуры на глубине 1400 м составляет $-1,53^{\circ}\text{C}$. В северной части моря Уэдделла обнаружен резкий гидрологический фронт.</p> <p>Исследованы экстремальные ветровые волны в Мировом океане. На основе современных реанализов построены глобальные карты распределения характеристик экстремального волнения и проанализирована зависимость этих характеристик от граничных условий. Устойчивые тренды в экстремальных характеристиках ветровых волн выявлены в Северной Атлантике и Южном океане. Установлено, что в этих районах тренды в экстремальных характеристиках волнения могут существенно отличаться от трендов в средних характеристиках волн, что свидетельствует об изменении функции распределения ветрового волнения под влиянием климатических изменений.</p> <p>Получены оценки термохалинной изменчивости и расходов течения, несущего Атлантические воды (АВ) вдоль континентального склона Евразийского бассейна Арктики. Максимальное значение расхода наблюдалось в области слияния Баренцевоморской и Фрамовской ветвей АВ ($1,09 \pm 0,38 \text{ Sv}$), в то время как в бассейне Макарова расход убывал до $0,03 \pm 0,1 \text{ Sv}$. Впервые показано, что резкое потепление АВ, наблюдавшееся в 2006 г., сопровождалось увеличением солёности и геострофического расхода. Результаты важны для исследования изменения климата в Арктике.</p> <p>Исследовано распределение рассеянного осадочного вещества и его состава (включая данные о содержании тяжелых металлов и углеводородов) в различных биосферах; оценена роль абиотических факторов в распределении и активности макро-, мезо- и микробентоса, включая взаимодействие биосфер в формировании толщ донных осадков – природного архива изменения природной среды и климата. Получены первые сведения о вкладе геохимических процессов в аккумуляцию тяжелых металлов в осадочном веществе Белого моря. Al, Fe, Cr, Ni, Co и Mo связаны с терригенным материалом; Mn, Cu, Cd и Pb – с гидротермальными процессами.</p>

Получены новые данные об изменчивости состава, видовой структуры и количественных показателей планктонных и бентосных сообществ в условиях современных изменений среды в прибрежных и открытых районах Атлантики и Балтийского моря. Впервые обнаружены различия в суточных вертикальных миграциях зоопланктона в Антарктике: к югу от Полярного Фронта (ПФ) зоопланктон в дневное время опускался на большие глубины, а в ночное время – поднимался; к северу от ПФ летом диапазон глубин миграции сокращается и сдвигается ближе к поверхности. Предполагается, что они связаны с особенностями вертикального распределения фитопланктона. В Атлантическом океане выделены три зоны, отличающиеся относительно однородными характеристиками биоразнообразия и структуры глубоководного планктона: Северная (СА), Центральная (ЦА) и Южная Атлантика (ЮА). Несмотря на относительно небольшую площадь, высокопродуктивные районы СА и ЮА наиболее богаты зоопланктоном: запасы мезопланктона летом составляют 0,47 и 0,84 Гт, соответственно, а в ЦА, имеющей значительно большую площадь, – 0,07 Гт.

Впервые получены оценки годовой величины первичной продукции (ПП_{тот}) в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском. Среднее для моря значение ПП_{тот} в столбе воды составило 125 мгС/м² в день, а ее годовая величина – 8 ТгС. Впервые выполнены исследования фитоценозов в области дельты р. Енисей и на прилегающем Карском шельфе в период окончания весеннего половодья. Установлено существование выраженной широтной зональности в структуре сообществ фитопланктона, связанной с изменениями условий пелагической среды.

Выявлена неоднородность изменения видового богатства морских ежей и звёзд в северо-западной части Тихого океана: высокая на глубинах 2000–3000 м, убывающая на глубинах 3500–4500 м и резко возрастающая и достигающая максимума на глубинах 5000–5500 м и вновь убывающая с глубиной. Наличие пика видового богатства на 4500–5500 м определяется высокой таксономической ёмкостью абиссали открытого океана, значительная часть которой находится в эвтрофной зоне, а также ступением нижних границ вертикального распределения видов.

Проанализирован состав и структура глубоководных пелагических ихтиоценозов над тропической частью Срединно-Атлантического хребта, включая пространственное и вертикальное распределение личинок, молоди и взрослых мезо- и батипелагических рыб в зоне Российского разведочного района. Показано, что в темное время суток с увеличением глубины лова от поверхности до горизонта 1500 м видовое разнообразие и средняя

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>численность рыб увеличиваются: от 25,9 до 531,6 экз./100 м²; максимумы численности были приближены к вершинам и склонам подводных поднятий на глубинах 700–1500 м. ИО РАН</p> <p>Выполнен анализ основных характеристик океанских вихрей в морях Чукотском и Бофорта: районы наблюдения вихрей, их диаметр, знак вращения, тип проявления и глубина места, соответствующая положению центра вихря. Выделено 2724 поверхностных проявлений (ПП) вихревых структур, из которых 52 % – для вихрей открытой воды, 48% – для вихрей в прикромочной зоне льда (ПЗЛ). Показано, что 64 % от общего числа вихрей являются циклоническими, причём это соотношение примерно одинаково как для вихрей ОВ, так и для вихрей ПЗЛ. Диапазон диаметров вихрей составил от 1 до 50 км, но около 80% всех вихрей имели диаметры менее 10 км. Поскольку радиус деформации Россби для района исследований в летнее время составляет 1–15 км, значительная часть наблюдаемых вихрей может относиться к субмезомасштабу.</p> <p>Впервые исследована сезонная и межгодовая изменчивость водообмена в Беринговом проливе. Показано, что в проливе наблюдается значительная изменчивость средней скорости течений – от 34 до 41 см/с. Наибольшие значения скорости (северные течения) имеют место летом (от 20–41 см/с), а осенью они ослабевают до 5 см/с. Южные течения имеют скорости от 10 до 33 см/с. Средняя годовая скорость меняется от 9,9 до 15,7 см/с.</p> <p>Выполнен анализ коэффициента яркости, измеренного в апреле-мае 2019 года в северо-восточной части Черного моря, в Азовском море и Керченском проливе; коэффициент нужен для выявления биооптических особенностей прибрежных акваторий. Измерения коэффициента яркости в Керченском проливе и Азовском море выполнены впервые. Определены характерные спектры коэффициента яркости для различных акваторий. Низкие значения коэффициента яркости наблюдаются на северо-западном шельфе Черного моря и достигают максимума на длине волн 485 нм, величина около 1%. Для прибрежных вод и открытого моря форма спектра одинакова, величины в максимуме имеют место на длинах волн около 485 нм, величины менялись от 1 до 2%. Диапазон длин волн – 485–560 нм. В Азовском море наблюдалась меньшая изменчивость</p>

коэффициента яркости при самых высоких его значениях, максимум – на длинах волн около 560 нм. Проведенный анализ позволил выделить области повышенного интереса, в которых естественная изменчивость коэффициента яркости высока, а спутниковые данные недостаточно точны.

По данным о состоянии аккумулятивного песчаного берега западного Крыма проведен анализ изменений береговой линии в последние 30 лет. Отмечены значительные межгодовые изменения положения береговой линии (как выдвигения, так и отступления) с размахом до 30 м. Отмечена связь изменений положения береговой линии с межгодовыми колебаниями уровня Черного моря. Их величина соответствует известному правилу Бруна (Bruunrule).

МГИ РАН

Разработан программный комплекс JASMINE, включающий модель экосистемы моря и позволяющий изучать реакцию морских экосистем на изменения климата и антропогенное воздействие, включая закономерности перемещения примесей различной природы. Численные эксперименты показали, что при повышении или понижении температуры воды в устьях крупных рек, впадающих в Белое море, на 2°C, равно как и при повышении или снижении стока рек на 30%, существенных изменений в распределении хлорофилла и биогенных элементов (нитратов, фосфатов) в море не происходит. Температура поверхностного слоя воды районов Белого моря при таких воздействиях не превышает десятых долей °C, а смещение сроков ледообразования и разрушения льда – нескольких часов.

ИВПС КарНЦ РАН

Установлено, что поступление тяжелых металлов в дельту р. Дон зависит от концентрации взвешенного вещества в водах Таганрогского залива при нагонах. Наибольшее осаждение взвешенного вещества и повышенные концентрации растворенных форм тяжелых металлов имеют место в ближайших к Таганрогскому заливу участках, покрытых тростниковыми зарослями. С применением модели гидрологического режима, сопоставления расчетных и наблюдаемых траекторий многолетних изменений солёности и температуры воды Азовского моря выполнен системный анализ элементов водного и теплового балансов моря, их возможной изменчивости в период осолонения моря в 1970-е годы (1972–1978 гг.) и в современный период маловодья (2006–2019 гг.).

ЮНЦ РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Оценен средневзвешенный литологический состав плейстоценовых отложений Мирового океана. Для пелагических областей и ключевых районов подводных континентальных окраин всех океанов (кроме Северного Ледовитого океана); составлен комплект из 54 обзорных литолого-фациальных карт в масштабе от 1:5000000 до 1:35000000 по двум возрастным срезам плейстоцена: эоплейстоцену (1,8–0,8 млн лет) и неоплейстоцену (0,8–0,01 млн лет). Картировались наиболее распространенные типы океанических осадков. Рассчитаны массы сухого осадочного вещества (в 1018 г) для всех закартированных типов осадков по основному океаническому бассейнам для нео-, эо- и всего плейстоцена, что позволило определить средневзвешенный литологический состав для всего Мирового океана. Оценены такие главные компоненты, как литогенное вещество, CaCO_3 и биогенный опал.</p> <p style="text-align: center;">ГЕОХИ РАН</p> <p>Исследован механизм формирования и эволюции ранее выделенных типов явлений Ла-Нинья (Л-Н): Восточно-Тихоокеанского (ВТ) и Центральнo-Тихоокеанского (ЦТ) событий. Описаны их типичные особенности, проявляющиеся в аномалиях температуры поверхности океана (ТПО), параметров пассатных ветров, скорости и направления течений на глубине 5 м, профилях температуры до глубины 400 м, концентрации хлорофилла вдоль экватора от 150° в.д. до 90° з.д. Для прогноза начала Эль-Ниньо (Э-Н) и/или Ла-Нинья (Л-Н) усовершенствована модель искусственного интеллекта, с помощью которой успешно спрогнозировано начало текущего восточно-тихоокеанского (ВТ) Л-Н. По качеству прогноза модель ИПТС оказалась одной из лучших среди моделей ведущих мировых климатических центров. Исследованы Атлантико-Европейские отклики на Э-Н и Л-Н.</p> <p>Вычислены и проанализированы сезонный ход и тенденции изменений концентрации растворенного кислорода и температуры в верхнем слое глубоководной части Черного моря за последние 100 лет. Определено, что сезонный ход растворенного кислорода и температуры в слое от поверхности моря до максимальной глубины конвективного перемешивания за рассматриваемый период принципиально не изменился. Однако в слое</p>

50/75–150м наблюдается значимое повышение температуры и понижение содержания кислорода, продолжающиеся в последние годы.

ИПТС

Разработана математическая модель современного состояния криолитозоны и динамики границ многолетнемерзлых пород шельфа Восточно-Сибирского моря в последний регрессивно-трансгрессивный цикл Полярного бассейна. Модель показывает, что в условиях отрицательных среднегодовых температур придонной воды темпы деградации многолетнемерзлых пород у подошвы подводной мерзлоты могут быть в 5–10 раз выше, чем у ее верхней границы. Скорость деградации многолетнемерзлых пород, как в нижних, так и в верхних горизонтах криолитозоны уменьшается с понижением среднегодовой температуры воды, и увеличением времени пребывания осадков шельфа под уровнем моря.

ИМЗ СО РАН

Впервые установлены границы распространения субкавальных многолетнемерзлых пород в Карском и ЮВ части Баренцева морей на основе интерпретации данных сейсмоакустического профилирования, математического моделирования эволюции мерзлых толщ в позднем плейстоцене – голоцене с граничными условиями, которые заданы на основе фактических наблюдений и палеогеографических реконструкций, и данных о современных трендах изменения температурного режима мерзлоты.

Для оценки эмиссии метана в атмосферу при деградации мерзлоты вследствие климатических изменений изучено содержание метана в мерзлых и оттаивающих породах западного сектора Российской Арктики. На основе фактического материала установлено, что в верхних горизонтах мерзлых пород содержится в 2–10 раз больше метана, чем в сезонно-талым слое мерзлоты. При потеплении климата и деградации мерзлоты избыточный метан из верхнего горизонта будет поступать в атмосферу, усиливая парниковый эффект.

ТюмНЦ СО РАН

Впервые в мире установлено, что при движении тайфунов в прибрежной зоне в частотном диапазоне 5–10 Гц генерируются микросейсмы «голоса моря», регистрируемые лазерным деформографом. Показано, что время появления микросейсм «голоса моря» совпадает со временем прихода первичных микросейсм, генерируемых морскими волнами. Исчезновение микросейсм «голоса моря» совпадает с исчезновением первичных

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>микросейсм и слабо коррелирует с исчезновением вторичных микросейсм. Максимальный ветер не всегда совпадает с максимальными микросейсмскими «голоса моря». По данным двухкоординатного лазерного деформографа установлена зона генерации наиболее максимальных амплитуд микросейсм «голоса моря», которая территориально находится вблизи м. Поворотный Японского моря.</p> <p>Установлено, что воды транстирических рек Раздольной (Суйфун) и Туманной (Тумен) содержат чрезвычайно высокие концентрации биогенных веществ, потоки которых вызывают эвтрофикацию и сезонную гипоксию акваторий Амурского залива и юго-западной части залива Петра Великого (биосферный заповедник), соответственно. В обоих случаях гипоксия развивается в придонных водах, в местах топографически депрессий после экстремальных потоков биогенных веществ, вызванных атмосферными осадками в период летнего муссона. Наблюдаемые гидрохимические аномалии растворенного неорганического углерода указывают на то, что главной причиной гипоксии является микробиологическая деградация «избыточных» диагномей на границе раздела вода/осадок в условиях низкой динамики вод и отсутствия фотосинтетически активной радиации.</p> <p>Показано, что рассеяние и агрегация плавающих трассеров (пластик и нефть) в океане зависит от кинематических характеристик поля скорости на поверхности океана. Важной особенностью плавающих примесей является их способность образовывать ярко выраженные кластеры, которые представляют собой скопления в изолированных пятнах. Понимание и прогнозирование динамики этого явления является одной из проблем современной океанографии. Моделирование кластеризации примеси в окрестности вихрей показало, что на малых временах эффективная скорость кластеризации возрастает. При дальнейшем увеличении времени эффективность кластеризации падает; на больших временах кластеры разрушаются. Показано, что пластик, попадающий в морскую среду, является источником токсичных химических веществ. Выполнена оценка токсичности использованных («грязных») и первичных («чистых») пластиковых фрагментов на примере морского моллюска <i>Mytilus trossulus</i>. Показано, что пластик является источником химических соединений, которые инициировали в мидиях окислительный стресс, вариации микроэлементного состава в тканях и снижение активности, то есть выраженное генотоксическое действие.</p>

	<p>Впервые определены концентрации ртути в колонках глубоководных донных отложений Курильской котловины Охотского моря и Курило-Камчатского желоба. Показано, что ртуть в осадках находится в физически сорбированной форме и зависит от содержания диатомовых водорослей (кремнистых остатков). Отношение Hg/TOS в диатомовых отложениях не превышает 200 prb/% со средним соотношением от 50 до 80 prb/%, тогда как в терригенных отложениях Hg/TOS достигает 370 prb/%. Согласно полученным данным в начале индустриального периода (1900 г.) поток Hg составлял 33–36 мкг/м² в год. Максимальный поток ртути (44 мкг/м² в год) соответствовал 1980 году и снизился до 30 мкг/м² в год в современных отложениях. Установлено, что на накопление Hg в донных отложениях влияют два фактора: атмосферные осадчения Hg (в том числе в результате антропогенных выбросов) и биологическая продуктивность.</p> <p>Вблизи южной оконечности Камчатки обнаружен район, где мезомасштабные антициклонические вихревые течения, движущиеся с севера, могут стационаризовать над Курило-Камчатским желобом в течение многих месяцев. В 1993–2019 гг. изучены 24 стационарных вихря. Показано, что они «генетически» связаны с вихрями, генерируемыми за мысами в заливах и затем мигрирующими на юг вместе с течением. По данным СТД-съемки определена типичная вертикальная структура такого вихря с теплым поверхностным слоем, холодным и распресненным подповерхностным слоем и теплым промежуточным слоем вод, захваченных в ядре вихря; проанализирован жизненный цикл этого вихря от рождения до распада. Выполнен анализ различных факторов и механизмов, поддерживающих стационарирование Камчатских вихрей над желобом до их распада.</p> <p>ТОИ ДВО РАН</p>
<p>134. Поверхностные и подземные воды суши – ресурсы и качество, процессы формирования, динамика и механизмы природных и антропогенных изменений; стратегия водообеспечения и водопользования страны</p>	<p>Изучены процессы гидрогеохимического режима подземных вод: в водоносных горизонтах установлены доминирующие процессы (выщелачивание и комплексообразование). Оценено влияние законсервированного полигона Наантали-Илиярви (Финляндия) на поверхностные и грунтовые воды прилегающих территорий. Адаптирована программа расчетов движения влаги и массопереноса в зоне аэрации, которая будет использована для моделирования движения загрязнителя от свалочных масс (фильтрата) к грунтовым водам при оценке периода проникновения загрязняющих веществ к поверхности грунтовых вод. Выявлены максимумы концентраций загрязняющих веществ в период осенних дождей</p> <p>Анализ содержания тяжелых металлов в донных отложениях Ивановского водохранилища показал, что их наиболее высокие концентрации, многократно превышающие</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>фоновые значения, наблюдаются в устьях малых рек и заливах, то есть в местах выпуска сточных вод и на участках акватории в пределах селитебных территорий. Установлено, что одним из локальных участков загрязнения фосфором является водосбор р. Донховки в пределах Конаковского района. Однако, несмотря на увеличение содержания общего фосфора в самой реке, такой тенденции в водохранилище, близ устьевой части реки, не прослеживается. Требуется пересмотр пороговых концентраций биогенных элементов (азота и фосфора), при которых происходит интенсивное цветение воды и начинают проявляться негативные последствия для экосистемы водоема. В последние годы снижается видовое разнообразие в иловых биотопах всех плесов водохранилища, исчезают такие индикаторы чистой воды, как личинки хирономид, веснянки и поденки. Наблюдается заметная структурная перестройка сообществ фитопланктона, что свидетельствует об изменении химической нагрузки и соотношения биогенных элементов.</p> <p>Анализ факторов, приводящих к заморным явлениям в водных объектах различного типа (озера, водохранилища, моря, устьевые области крупных рек) выявил зависимость обменных процессов, протекающих на границе «вода – донные отложения» (потоки гидрокарбонатного углерода, метана, минерального фосфора), от характеристик водной толщи (степени стратификации водной толщи, толщины однородного гипolimниона), трофического статуса, степени развития аноксидной зоны, содержания органических веществ (ОВ) в грунте. Для исследования состояния экосистем Иваньковского, Рыбинского и Клязьминского водохранилищ применен новый методологический подход, основанный на принципах палеореконострукций и аппроксимации результатов биомониторинга с использованием данных, полученных при последнем анализе образцов из колонок донных отложений. Установлено выраженное накопление органики в прибрежных зонах Рыбинского и Иваньковского водохранилища. В донных отложениях Клязьминского водохранилища выявлено регулярное повышение уровня сапробизации, что обусловлено неллинейным ростом числа отдыхающих и увеличением рекреационной нагрузки.</p> <p>Предложена новая постановка одной из ключевых задач управления качеством воды – определение количества проверок, необходимых для достаточно достоверного подтверждения, либо опровержения гипотезы о соответствии качества воды нормативу.</p>

Проанализированы различные варианты решения этой задачи в рамках риск-ориентированного подхода. Промоделировано, что в области значений концентраций загрязняющих веществ, близких к ПДК, нельзя принимать однозначное решение о соответствии/несоответствии вод установленным требованиям и корректно оценивать потенциальный экологический ущерб. На примерах измеренных концентраций загрязняющих веществ в водах р. Москвы рассчитаны вероятности ложного заключения о качестве воды (достигающие в некоторых случаях 50%).

ИВП РАН

Определен условно-естественный головой сток р. Москвы в середине XIX в. – 3029 млн м³, сток за период исчисления его нормы (конец XIX в. – 1960 г.) – 3170 млн м³, и современный – 5135 млн м³, который при средних климатических условиях на 2130 млн м³, или в 1,7 раза, выше условно-естественного стока. Это превышение обусловлено итоговым антропогенным воздействием на сток р. Москвы. Описаны факторы, вызывающие снижение и увеличение стока. Полученные результаты позволят более достоверно оценивать водохозяйственный баланс р. Москвы, определять генезис его составляющих и планировать меры по ослаблению и устранению негативных последствий влияния антропогенных факторов на сток р. Москвы.

Получены оценки поступления соединений азота и фосфора в Чебоксарское водохранилище. Впервые показана преобладающая роль диффузных (рассредоточенных и неконтролируемых) источников загрязнения. С местного водосбора (ниже плотины Горьковского гидроузла и без р. Оки) от диффузных источников в среднем за год поступает 20900 т минерального азота и 950 т минерального фосфора, что более чем в 4 раза превышает поступление этих биогенных элементов со сточными водами, учитываемыми водохозяйственной статистикой. Территория водосбора Чебоксарского водохранилища районирована по степени биогенной нагрузки, что позволит более обоснованно планировать мероприятия по сокращению поступления биогенных элементов.

ИГ РАН

Впервые выполнен анализ озерного фонда Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), который включает более 2,5 млн. озер ($\approx 2/3$ водоемов страны) с суммарным запасом пресной воды около 760 км³. Низкое качество воды (токсичные вещества, закисление, антропогенное эвтрофирование) выявлено на значительной части территории Мурман-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>ской области, Ямало-Ненецкого и Ненецкого автономных округов, Норильского региона. Планируемая согласно Стратегии развития АЗРФ до 2035 г. организация новых и расширение существующих минерально-сырьевых центров (МСЦ) может еще более понизить качество воды в арктических озерах и ухудшить экологическое состояние прилегающих территорий. Предложена специальная экологическая программа, направленная на сохранение природно-ресурсного потенциала северных озер, их водные, биологические (включая запасы органического сырья) и рекреационные ресурсы в условиях возрастающей антропогенной нагрузки и потепления климата.</p> <p style="text-align: center;">ИНОЗ РАН</p> <p>Впервые по данным натурных наблюдений и результатам математического моделирования выявлены новые механизмы интенсификации тепломассообмена в покрытых льдом озерах. Первый механизм преобразует энергию баротропных сейш в энергию коротких внутренних волн, обрушение которых приводит к генерации мелкомасштабной перемежающейся турбулентности, вызывающей интенсивное перемешивание внутриводной массы. Второй механизм реализуется в придонных слоях при бактериальном разложении накопленного органического вещества, что приводит к возникновению плотностной неустойчивости и последующему перемешиванию в пограничном слое. Этот механизм способствует увеличению потребления кислорода в придонных слоях озер вплоть до образования бескислородных зон.</p> <p>Изучена обеспеченность возобновляемыми водными ресурсами (речным стоком) трех водосборов в Мурманской, Архангельской областях и Республике Карелия. Показано, что водные ресурсы не являются фактором, лимитирующим социально-экономическое развитие Беломорья. Объем речного стока в этих регионах превышает среднероссийские показатели в 1,8 раза в расчете на 1 км² территории и в 4,6 раза – на 1 жителя. С начала 1990-х годов наблюдается устойчивая тенденция снижения объемов потребления воды на хозяйственно-питьевые нужды, которые за период с 2011 по 2017 годы уменьшились на 37%.</p> <p style="text-align: right;">ИВПС КарНЦ РАН</p>

Исследована динамика основных компонентов экосистемы арктического водоема (оз. Куэтсьярви) в условиях долговременного интенсивного влияния промышленных выбросов комбината АО «Кольская ГМК» (ПАО «ГМК «Норильский никель»). В водах и донных отложениях озера обнаружены экстремально высокие концентрации тяжелых металлов. Оценены ответные реакции компонентов озерной экосистемы на региональные и глобальные изменения окружающей среды и климата, приводящие к усилению эвтрофирования и токсификации вод, сокращению численности стенобионтных видов гидробионтов, возрастанию численности эврибионтных и инвазивных видов. Современные сообщества водоема представляют собой результат воздействия многолетних изменений абиотической среды и биотических взаимоотношений. Загрязнение тяжелыми металлами, продолжающееся с 30-х гг. 20 века, привело к формированию сообществ, устойчивых к данному виду воздействия и поддерживающих высокую численность толерантных и адаптированных гидробионтов. Прекращение долговременной нагрузки, ожидаемое в связи с планируемым закрытием плавильных цехов позволяет рассматривать этот водоем в качестве природной модели дальнейшего функционирования экосистемы с различными сценариями восстановления.

ИППЭС КНЦ РАН

Выполнено сравнение загрязненности шахтных вод различных регионов России. Определены основные загрязняющие вещества, формирующие техногенные гидрогеохимические аномалии, среди которых главное место занимают железо, марганец, литий, никель, бериллий, алюминий, сульфаты и фенолы.

ИГЭ РАН

Разработаны теоретические (модельные) подходы к оценке и прогнозированию теплового загрязнения поверхностных вод в зоне влияния сбросов с АЭС. Показаны масштабы возможного ущерба водным биоресурсам в конкретных природных условиях. Методически обосновано проведение природоохранных мероприятий и разработаны подходы для оценки их эффективности с помощью математического моделирования. Оценено существующее и потенциальное влияние ряда АЭС на экосистемы водных объектов в районах Балтийской АЭС, АЭС Пакш (Венгрия) и Ленинградской АЭС. Даны рекомендации для разработки инженерных решений по минимизации воздействия АЭС на водные ресурсы.

СПбО ИГЭ РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Выполнено моделирование миграции гелия в поровых водах и получены данные о времени его миграции в природных водах на глубине 10–11 км. На основе масс-спектрометра МИ1201 разработан новый программно-аппаратный комплекс, позволивший автоматизировать процесс измерений изотопного состава инертных газов, минимизировать погрешность измерения, увеличить надежность и производительность масс-спектрометра.</p> <p style="text-align: center;">ГИ КНЦ РАН</p> <p>Впервые проведено изучение состава поверхностных вод в Национальном парке «Приэльбрусье» по 23 компонентам. Обнаружено, что на фоне низкой минерализации в водных объектах Нацпарка имеет место значительное загрязнение тяжелыми металлами. Выявлены локальные очаги крайне высокого загрязнения водотоков на склонах Эльбруса мышьяком. Значительное загрязнение алюминием скорее всего связано с зоной современного вулканизма. Для населения, постоянно проживающего на данной территории, такое загрязнение представляет угрозу для здоровья.</p> <p style="text-align: center;">ЦГИ ФНЦ КБНЦ РАН</p> <p>Исследован химический состав подземных вод Республики Калмыкия, являющихся источниками питьевого водоснабжения. Установлено, что в большей части вод превышены предельно допустимые концентрации по ряду опасных элементов, таких как натрий, магний, хлорид и сульфаты. Анализ химического состава поверхностных вод Республики Калмыкия показал ухудшение экологического состояния изученных водных объектов; сильная засуха привела к обмелению водохранилищ и, соответственно, к увеличению их минерализации.</p> <p style="text-align: center;">КалмНЦ РАН</p> <p>Ретроспективный анализ потоков речного выноса растворенных веществ (углерода, макро- и микрокомпонентов) с континента в устьевую область реки Северная Двина за последние 60 лет не выявил существенных изменений, в отличие от других арктических рек мерзлотной зоны. Установлено, что латеральные потоки растворенного органиче-</p>

ского и неорганического углерода ($4,2 \pm 0,8$ и $4,3 \pm 0,2$ т/км²/год) значительно (в 1,5–2 раза) превышают аналогичные данные в других крупных и средних арктических реках криолитозоны.

ФИЦКИА РАН

Изучены суточные изменения стока через плотину ГЭС и возможности попадания теплых сточных вод в водозаборный канал, предназначенный для охлаждения систем электростанции. Определено, что при постоянном сбросе воды попадание может происходить только при определенном сочетании направления, скорости и продолжительности ветра. Если ветер направлен против течения реки и продолжительность его воздействия больше суток, то в водном слое глубиной до 6 м возникают вихри, вызывающие поток в направлении, противоположном основному течению реки, и достаточные для попадания теплых сточных вод в водозаборный канал.

ПФИЦ УрО РАН (Горный институт – филиал)

Получены предварительные оценки баланса биогенных и органических веществ в Байкале в современный период. В годы низкого стока (1996–2017) поступление в Байкал минерального фосфора и кремния с водами Селенги снизилось более чем в 2 раза и в 3 раза возросло поступление общего фосфора. Последующее повышение стока до уровня среднепогодежных значений вызвало рост поступления кремния с водами р. Селенги с 60 тыс. т/год в 2017 г. до 130 тыс. т/год в 2020 г., вынос с водами р. Ангара составил 15 и 28 тыс. т/год, соответственно.

ЛИН СО РАН

На основе анализа статистических данных дан прогноз современного и перспективного состояния систем водопользования Верхней Оби – выявлена устойчивая тенденция к уменьшению объемов забранных, используемых и сброшенных вод. Под влиянием существующей динамики сельскохозяйственного и рекреационного использования водных объектов определены характерные особенности изменений окружающей среды водоемов. Предложены практические рекомендации по совершенствованию управления водными ресурсами региона.

Разработаны универсальные имитационные модели сезонной и многолетней динамики водного и гидрохимического стоков с 13 типов ландшафтов Алтае-Саянской горной

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>страны. Модели позволяют прогнозировать сезонную и многолетнюю динамику водного и гидрохимического стоков для любых водосборных территорий горной страны.</p> <p style="text-align: center;">ИВЭП СО РАН</p>
<p>135. 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</p>	<p>Получены новые данные о концентрациях и содержании газовых и аэрозольных примесей в атмосферном воздухе на научных станциях в Москве, Звенигороде, Кисловодске, а также в центральной Сибири и над морями российской Арктики. Максимальное снижение концентраций в нерабочую неделю относительно рабочей недели достигает 2,7 раза для монооксида азота и 1,4 раза для диоксида азота. Снижение концентрации монооксида углерода в нерабочую неделю составило 1,2 раза. Для концентраций диоксида углерода и метана, а также содержания изотопа ^{13}C в метане существенных изменений в нерабочую неделю не наблюдалось. Получены новые данные о загрязнении городского атмосферного воздуха летучими органическими соединениями (ЛОС) в городах России. Несмотря на в целом относительно низкий уровень концентраций ЛОС, они вносят значительный вклад в загрязнение городской атмосферы. Изучены долговременные изменения общего содержания (ОС) окиси углерода (СО) в Москве и Звенигороде в сочетании с анализом изменений метеорологических условий в атмосферном пограничном слое (ПСА). Полученные результаты свидетельствуют об улучшении условий выноса загрязняющих примесей из ПСА Москвы и существенной роли климатического фактора в сокращении содержания окиси углерода в атмосфере города.</p> <p>Получены результаты моделирования отклика крупномасштабной атмосферной циркуляции на аномальный нагрев с незамерзающей поверхности Баренцева и Карского морей, который наблюдается последние два десятилетия. Обнаружено появление очага повышенной приземной температуры воздуха над областью нагрева и некоторого понижения приземного давления и возникновение антициклонической циркуляции в основной толще атмосферы. Показано, что модельные результаты крайне чувствительны к параметризации экмановского пограничного слоя.</p> <p>Изучены изменения вертикального распределения озона при зимнем атмосферном блокировании над территорией Сибири. Показано, что формирование и усиление зим-</p>

него блокирующего антициклона сопровождалось дефицитом концентрации озона в тропосфере и в стратосфере и, как следствие, дефицитом общего содержания озона над областью блокирования. Выявлена связь содержания озона над областью блокирования с характеристиками блокирующего антициклона.

Разработана поверхностная квазигеострофическая модель (КВГ) для описания динамики течений с нулевой потенциальной завихренностью при наличии одной или двух горизонтальных границ (земной поверхности и тропопаузы). В рамках данной модели рассматриваются задачи линейной и нелинейной устойчивости зональных пространственно-периодических течений. Анализ решений полученной модельной системы показывает, что экспоненциальный рост возмущений на линейной стадии сменяется стадией устойчивых нелинейных колебаний (колебаний). Результаты численного интегрирования полных нелинейных уравнений КВГ подтверждают этот анализ.

На основе измерений парниковых газов над акваториями Северной Атлантики и Арктики в 2020 г. получены новые данные об источниках парниковых газов в Арктике; впервые получено подтверждение выхода на поверхность геогенного метана из геологически активных районов Норвежского моря.

ИФА РАН

Впервые после издания Каталога ледников СССР (во второй половине XX в.) создан новый Каталог ледников России – вклад России в международную каталогизацию ледников. Показано, что в настоящее время на территории России находятся 23 ледниковые системы, объединяющие 7478 ледников общей площадью 54530 км², что на 5604 км², или на 9,3 %, меньше, чем в Каталоге ледников СССР. Оценены тренды площадей торного оледенения Алтая и Камчатки. Выявлено существенное увеличение скорости сокращения оледенения северной части Срединного хребта (Камчатка) в период 2002–2017 гг. (1,45% площади в год) по сравнению с 1950–2002 гг. (0,34% площади в год), а также ускорение процесса распада ледников. На Алтае в 1968–2017 гг. площадь ледников сократилась на 25 %, а за последние 10 лет темпы сокращения оледенения увеличились в 2 раза.

Реконструкция среднемесячных полей концентрации морских льдов в первой половине XX века показала значительную отрицательную аномалию площади морского льда в середине XX в., существенно большую, чем считалось ранее. Установленная аномалия согласуется с одновременным потеплением в Арктике в этот период, и оба этих явления могут быть следствием естественной долготермодной изменчивости климата, что указы-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>вает на возможный существенный вклад такой изменчивости и в современные изменения площади морских льдов, и температуры в Арктике.</p> <p>Создан «Атлас засух» для Европейской части России с 1400 года. Атлас представляет собой массив значений индекса засушливости Палмера в 4259 пространственных точках, реконструированных по ширине годовичных колец деревьев. Для каждого года, начиная с 1400 г, построены карты условий увлажнения Европейской России. Атлас будет полезен палеоклиматологам и исследователям современного климата для учета долговременной динамики климата, а также историкам для анализа засух как фактора социальных потрясений.</p> <p>Созданы модели почвообразования для основных типов почв пяти островов архипелага Земля Франца-Иосифа (ЗФИ). Составлены модели генезиса криотурбированных почв ЗФИ и выделены три разновозрастных пула органического вещества: «быстрый» (содержание современного углерода >100%), «переходный» (14С возраст = $1 \times 10^2 - 3 \times 10^3$ лет) и «медленный» (14С возраст > 4×10^3 лет). В целом, в почвах самого северного в восточном полушарии архипелага найдено значительное количество органического вещества, что существенно отличается от предыдущих оценок, указывающих на крайне низкие запасы углерода в почвах ЗФИ.</p> <p>Выявлена устойчивая зависимость холодных аномалий на севере Евразии в начале зимнего сезона от усиления Скандинавской моды атмосферной циркуляции, что позволяет считать её основным циркуляционным механизмом, определяющим интенсивность, масштабы и региональную структуру этих аномалий. Связь Скандинавской моды с площадью ледяного покрова Баренцева и Карского морей в октябре свидетельствует о её потенциальной предсказуемости, которая может быть использована для прогноза циркуляционных условий формирования аномальных морозов в Сибири и Европейской части России в декабре и январе.</p> <p>Выявлена устойчивая зависимость холодных аномалий на севере Евразии в начале зимнего сезона от усиления Скандинавской моды атмосферной циркуляции, что позволяет считать её основным циркуляционным механизмом, определяющим интенсивность, масштабы и региональную структуру этих аномалий. Связь Скандинавской моды с пло-</p>

щалью ледяного покрова Баренцева и Карского морей в октябре свидетельствует о её потенциальной предсказуемости, которая может быть использована для прогноза циркуляционных условий формирования аномальных морозов в Сибири и Европейской части России в декабре и январе.

ИГ РАН

По результатам лабораторного моделирования берегов, сложенных мерзлыми грунтами, установлена зависимость береговых обрушений от скоростей потока, наличия снежного покрова и дождя, от угла берегового склона. Для оценки роли фильтрации усовершенствована разработанная ранее математическая модель процессов переноса в руслах, подверженных термозрозии, на основе которой изучена динамика переноса примеси из мерзлого источника в зависимости от различных параметров потока и грунта.

Развита теория турбулентного обмена в подледном слое Экмана с использованием гипотез Прандтля-Колмогорова. Проведено численное моделирование образования торoidalной конвекции подо льдом. Увлекаемая при таянии льда вода формирует подо льдом конвекцию, как при конвекции Релея-Бенара. Проведенные предварительные численные эксперименты (пакет OpenFoam, модель Boussinesq Pimple Foam) показали, что в слое Экмана подо льдом действительно может формироваться вихревой тор, который визуально похож на деформированную вращением конвективную ячейку Рэлея-Бенара.

ИВП РАН

Исследовано развитие долгоживущей мезомасштабной холодной аномалии в Черном море. Оценены изменения температуры поверхности моря (ТПМ) за счет потоков явного и скрытого тепла от поверхности моря, а также за счет потоков коротковолновой и длинноволновой радиации. Показано, что формирование холодной аномалии вблизи Кавказского побережья вызывается основным двумя механизмами: сезонное выхолаживание моря с равномерным понижением ТПМ и случаи кратковременного резкого понижения ТПМ в связи с потерей устойчивости верхнего квазигоризонтального слоя.

МГИ РАН

На основе анализа зимних циклонов Североатлантического региона определены наборы дальнедействующих сигналов, определяющих 60–85% изменчивости первых мод параметров циклонов в Атлантико-Европейском регионе. Показано, что эти моды соответствуют

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>САК, ЭНЮК, ВАК, Скандинавской и Арктической модам. На основе нейросетевой модели с высокой оправдываемостью реализуется прогноз с заблаговременностью до 6 месяцев для октября, ноября, февраля и июля и, несколько хуже, для марта, апреля и июня.</p> <p style="text-align: center;">ИПТС</p> <p>Даны рекомендации по применению спектроскопических баз данных по линиям поглощения угарного газа (CO) и метана (CH₄) для решения задач дистанционного определения концентрации газов в атмосфере с высокой точностью. Рекомендации необходимы для разработки стратегий восстановления содержания CO и CH₄, применяемых в международных сетях мониторинга парниковых газов.</p> <p style="text-align: center;">ИОА СО РАН</p> <p>Исследовано влияние приподнятых слоёв дыма от лесных пожаров на электрическое состояние атмосферы, заключающееся в том, что присутствие в средней тропосфере плотных дымов от лесных пожаров приводит к значительному снижению (в 1,6 раза) максимума распределения градиента потенциала электрического поля приземной атмосферы $\nabla\varphi$ и увеличению (более чем в 1,8 раза) среднеквадратичного отклонения этого распределения.</p> <p>На основе данных реанализа ERA Interim и результатов численного показано, что высокая устойчивость и мощность антарктического полярного антициклона зимой и его ежегодное весеннее усиление обусловлены влиянием сезонного хода температуры нижней субтропической стратосферы, где в южном полушарии с марта по сентябрь наблюдается постепенный рост, способствующий увеличению меридионального градиента температуры в стратосфере. Повышение температуры нижней стратосферы в субтропиках относительно климатической нормы с июня по декабрь способствует усилению антарктического полярного вихря и, соответственно, разрушению озона в период с августа по ноябрь.</p> <p>Данные керна донных отложений из озера Манжерок позволили восстановить подробную картину изменений растительности, климата и геохимии ландшафта в западных</p>

предгорьях Горного Алтая за последние 1500 лет. На основе изменений в содержании органического вещества, золы и карбонатов, концентраций литофильных и редкоземельных элементов выделены шесть этапов в истории озера, соответствующие изменениям климата во время Средневекового потепления, Малого ледникового периода и современного потепления.

ИМКЭС СО РАН

Изучен наиболее полный разрез многолетнемерзлых дисперсных отложений неоплейстоцена перигляциальной Лено-Амгинской равнины. Присутствие эпикриогенных пород, прошедших стадию раннего диагенеза до их промерзания, указывает на то, что их отложение происходило в относительно глубокоом пресноводном бассейне, а промерзание началось после его обмеления (поздний неоплейстоцен). Породы такого типа на территории Средней Сибири найдены впервые.

Выявлены региональные особенности формирования геотемпературного поля и криолитозоны горстовых областей и мезозойских впадин Алданского щита. На примере Ытымджинской впадины, по данным геотермических измерений в скважинах и пространный моделирования, установлен сплошной тип промерзания, при мощности криолитозоны до 250 м в краевых частях впадины. Диапазон высот 800–1000 м, приуроченный к центральной части впадины характеризуется глубиной промерзания до 200 м, с наиболее высокой температурой пород на подошве слоя годовых теплооборотов. Долины мелких рек и ручьев выделяются максимальными значениями глубины промерзания более 250 м. Это связано с инверсионными процессами, характерными для впадин мезозойского типа Алданского щита.

ИМЗ СО РАН

Предложена диффузионная модель диссоциации (распада) газового гидрата на лед и газ, построенная по экспериментальным данным. Рассчитаны коэффициент молекулярной диффузии метана во льду и коэффициент диффузии метана через систему пор в слое льда, образующемся в ходе диссоциации на поверхности гидратов. Показана значимость диффузионных процессов в порах и их слабое влияние на кинетику диссоциации плоского слоя газового гидрата цилиндрической формы.

Впервые установлены состав и соотношения микроэлементов, аномалии редкоземельных элементов в подземных повторно-жильных, пластовых сегрегационных,

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>инъекционно-сегрегационных и сезонных поверхностных льдах Западного Ямала. Распределения ионов и микроэлементов в подземных льдах обусловлено процессами льдообразования, криогенным концентрированием и составом морских, грунтовых вод и атмосферных осадков с морскими аэрозолями.</p> <p>ТюмНЦ СО РАН</p>
<p>136. Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий</p>	<p>По результатам многолетних спутниковых исследований современных движений и деформаций земной коры с использованием измерений ГНСС GPS/ГЛОНАСС предложена методология выявления геодинамической активности, которая позволяет сопоставить площадное распределение скоростей деформаций сжатия-растяжения за определенный временной интервал и плотности потока сейсмической энергии. Повышенная сейсмическая активность, как правило, сопутствует аномальному проявлению деформационного поля. Определены количественные характеристики скоростей деформирования и потока сейсмической энергии для северо-западной части Российской Федерации и Северокавказского региона.</p> <p>ИФЗ РАН</p>
	<p>Проведена серия полевых исследований сейсмических и тектонических процессов на ряде островов арктических архипелагов и в пределах береговой зоны Северного Ледовитого океана. Результаты исследований имеют важное практическое значение для общего и детального сейсмического районирования северных регионов и территорий проектирования ответственных объектов в российском секторе Арктики, а также при создании карт общего сейсмического районирования России нового поколения.</p> <p>ИФЗ РАН, ИЗМИ РАН, совместно с Северным флотом ВМФ и РГО</p> <p>Составлены новые карты сейсмогеотектоники Таймырского, Керченско-Таманского и Фенноскандинавского регионов, проведено картирование и систематизация структур, генерирующих землетрясения разной силы.</p> <p>ИФЗ РАН совместно с ФИЦКИА РАН</p>

Исследована связь техногенной сейсмичности в регионах нефтезаботок с операциями гидроразрыва пласта и последующей закачки отработанной жидкости на глубину. Землетрясения возникают вследствие повышения порового давления, а также перераспределения напряжений в земной коре. Для Оклахомы, где резко возрастание сейсмичности коррелирует с объемом операций нефтедобычи, показано, что график повторяемости существенно зависит от объема закачки.

Установлено неизвестное ранее свойство сейсмичности – экспоненциальная форма распределения относительной продуктивности землетрясений, определяемой как число афтершоков в фиксированном относительном магнитудном интервале. Случайный характер продуктивности опровергает справедливость широко используемой модели ETAS. Усредненная по какому-либо пространственно-временному объему продуктивность отражает свойства среды. Установлены сильная зависимость от глубины и значительные региональные вариации. Результаты исследования моделей сейсмического режима.

ИТПЗ РАН

На территории Бишкекского геодинамического полигона проведены первые опытно-методические работы по обработке технологий мониторинга земной коры с помощью нового измерительного комплекса. Полученные и подтвержденные в полевых экспериментах широкий частотный (0,4–32000 Гц) и большой динамический (не менее 180 дБ) диапазоны регистрируемых сигналов обеспечивают получение кривых становления поля в диапазоне времен от 60 мкс до 1,35 с и более. Анализ полученных с помощью нового измерительного комплекса экспериментальных данных показывает, что, несмотря на искажения кривой становления поля и кажущегося удельного сопротивления горных пород (в диапазоне времен от 2 до 20 мс), обусловленные неравномерностью АЧХ индукционного датчика (наблюдаемой в диапазоне частот от 90 до 1000 Гц), можно констатировать, что разработанный измерительный комплекс обеспечивает контроль кривой становления поля благодаря широкому частотному диапазону и большому динамическому диапазону регистрируемых сигналов.

НС Бишкек

В лабораторных экспериментах исследованы параметры акустической эмиссии, сопровождающей прерывистое скопление лабораторного разлома. Выявлено два семей-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ства акустических импульсов, излучаемых в процессе деформирования. Статистические свойства первого семейства, форма сигналов в котором характеризуется резким вступлением, остаются неизменными. Характеристики тремороподобных сигналов второго типа весьма чувствительны к изменению напряженно-деформированного состояния. Обнаруженные закономерности позволяют предположить, что завершающую стадию подготовки динамического события можно обнаружить при анализе формы, спектра и статистических характеристик сейсмоакустических сигналов, регистрируемых в процессе мониторинга.</p> <p>Построена новая компьютерная модель образования Пучеж-Катунского ударного кратера, данные расчета сопоставлены с результатами, полученными при анализе керна из Воротиловской глубокой скважины, где впервые в мире были получены образцы пород из центрального поднятия крупного ударного кратера диаметром около 40 км. проведено изучение кратеров такого же размера на Луне, Венере и Марсе. Достигнуто количественное согласие результатов моделирования и геологических данных по керну. Эти исследования позволяют продвигнуться в построении модели модификации трения при динамическом деформировании крупномасштабных геологических объектов, что оказывается необходимым при описании процесса деформирования тектонических разломов.</p> <p>ИДГ РАН</p> <p>Усовершенствована методология и методика определения экономических показателей риска при землетрясениях через физический ущерб зданиям и сооружениям, ориентированные на совместное применение имитационного моделирования и современных средств обработки больших объемов данных (Big Data). Впервые обоснована процедура определения экономических показателей сейсмического риска, учитывающая особенности поведения зданий, классифицированных по шкале MMSK86. Процедура апробирована на примере сценарийного землетрясения в Восточно-Саянской зоне ВОЗ. Оценены экономические показатели сейсмического риска для застройки г. Байкальска.</p> <p>Исследовано влияние действия капиллярных сил и условий прилегания внешних нагрузок на строение и свойства глинистых грунтов. Действие капиллярных сил зависит от</p>

степени водонасыщения и физико-химического строения глинистых грунтов (преобладающего типа контактов между минеральными частицами), и наиболее интенсивно оно проявляется в твердых разнородностях грунтов, в пластичных – существенно снижается, а в текучих – минимально. Получена характеристика закономерностей изменений строения и свойств грунтов под действием докритических нагрузок, при которых еще не происходит их физического разрушения. В зависимости от направления воздействия внешней нагрузки, оно может приводить как к уплотнению и упрочнению глинистого грунта, так и к его разуплотнению и разупрочнению.

ИГЭ РАН

В результате комплексного анализа данных ДЗЗ и экспедиционных исследований для полуострова Ямал ИПНГ РАН построена не имеющая аналогов картографическая схема распространения 1860 зон мощной дегазации со дна 1667 термокарстовых озер, 2 заливов и 4 рек с кратерами выбросов газа на дне. Уточнена схема распространения зон повышенного риска выбросов газа. Установлена однозначная региональная связь выявленных зон дегазации с районами повышенной концентрации метана в атмосфере, зафиксированными спектрометром TROPOMI (спутник Sentinel-5P ESA). Обосновано, что наиболее газозрывоопасной является восточная часть Ямала, на которой выделены экстремальные Южно-Тамбейская и Сяхинская зоны. Проанализированы причины и построенные 3D модели в районах катастрофических выбросов газа в Арктической зоне Российской Федерации. Результаты НИР позволяют снизить риски возникновения аварийных и катастрофических ситуаций на объектах нефтегазового комплекса в арктических и субарктических зонах, связанные с эндогенными и экзогенными процессами с учетом влияния антропогенного фактора.

ИПНГ РАН

Построена схема возникновения мультитипных явлений в эстуариях/устьях рек, связанных с прохождением циклона, которая позволяет перейти к модели оценки вероятности возникновения мультитипных явлений.

ЮНЦ РАН

Статистический анализ временных рядов длительных наблюдений за изменчивостью концентраций приземного водорода и гелия на станциях Дагестанского филиала ФИЦ

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p data-bbox="243 125 356 1125">ЕГС РАН показал связь концентраций водорода и гелия с сейсмической активностью района. События, превышающие энергетический класс землетрясения 9 попадают в интервалы минимумов концентраций водорода и гелия, а их дисперсии – максимумов. ИГ ДФИЦ РАН</p> <p data-bbox="391 125 713 1125">Впервые за последние 15 лет проведена оценка подверженности опасным природным процессам (ООП) северного склона Большого Кавказа и Восточного Кавказа. Созданы цифровые фоновые карты изученности, ландшафтов (по типу землепользования) М 1:1500000, а также карты-врезки М 1:500000 на отдельные речные бассейны (рек Большая Лаба и Уруп, Карачаево-Черкесская Республика – КЧР). Уточнён и дополнен Селевост кадастр КЧР. Проведён мониторинг ОПП территории Дагестана (Прибрежный Дагестан, а также бассейны рек Самур, Каракойсу и Сулак). Дана оценка подверженности ОПП отдельных линейных (автодороги) и площадных (населенные пункты) хозяйственных объектов. Результаты мониторинга ОПП позволяют приостановить активизацию ОПП за счёт ограничения и вывода из структуры землепользования наиболее экологически чувствительных отраслей хозяйства.</p> <p data-bbox="715 530 740 719">ЦГИ КБНЦ РАН</p> <p data-bbox="776 125 1036 1125">Построены модели экстремальных затоплений для двух объектов: долины Нижнего Дона и г.Тулун на р. Ия. Показано, что для высоких паводочный уровеньный режим реки существенно изменился за последние 100 лет. Это вызвано интенсивным хозяйственным освоением ее поймы, строительством дорог, перегораживающих пойму высокими насыпями, паводкозащитных сооружений и т.п. Проведена оценка величины максимального расхода воды и построен гидрограф экстремального паводка в районе г. Тулун. Рассчитанная сложная динамика затопления города, расположенного в обвалованной излучине реки, совпала с данными наблюдений. Выполнено моделирование прохождения расчетных паводков с учетом новых проектируемых защитных сооружений.</p> <p data-bbox="1039 125 1097 1125">Для ряда речных бассейнов (рр. Селенга, Москва, Белая, Баксан) оценено влияние климатических изменений на изменение водных ресурсов на основе анализа чувстви-</p>

тельность модели речного стока к изменению климатических параметров с помощью метода delta-change – преобразование наблюдаемых метеорологических рядов путем внесения возмущений, которые соответствуют возможным (прогнозируемым) изменениям климатических норм (температуры воздуха, осадков), и оценке с помощью гидрологической модели аномалий характеристик стока, обусловленных этими возмущениями. Для других бассейнов (рр. Ока, Лена, Маккензи) оценки гидрологических последствий изменения климата выполнены с использованием результатов расчетов по ансамблю глобальных моделей климата (GCMs). Для каждого речного бассейна получены конкретные цифры изменений стока при различных сценариях изменений климата.

ИВП РАН

Даны оценки восточной горизонтальной компоненты деформации земной поверхности, обусловленной подземными горными работами. Использован метод DInSAR измерений восходящего и нисходящего треков канадского спутника RADARSAT-2, обработанных в программном комплексе MSBAS. Сравнение полученных результатов с предельными величинами позволяет непосредственно в мониторинговом режиме отслеживать уровень техногенной опасности разрушения зданий и объектов инфраструктуры на подработанных территориях.

ПФИЦ Уро РАН (Горный институт – филиал)

Разработана методика вибросейсмического зондирования с использованием сейсмического вибратора ЦВ-100. Получены новые экспериментальные данные, позволившие детально изучить особенности распространения сейсмических и акустических сигналов в условиях акватории, покрытой льдом. Обоснована возможность применения в ледовых условиях методов изучения глубинного строения Земли, основанных на анализе сейсмических волн.

ГИН СО РАН

Обобщены данные реконструкций палеонапряженного состояния земной коры территории Монголии по тектонической трещиноватости и смещениям по разрывам в зонах активных разломов. Составлена карта позднекайнозойского напряженного состояния земной коры и проведено районирование территории по типу поля напряжений. Выявлена тенденция изменения простираания осей максимального горизонтального сжатия от

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>субмеридионального на западе Монголии, до СВ и ВСВ на востоке. Статистически установлено преобладание режимов сдвига, транспрессии и сжатия. Выявлен структурный контроль типов полей напряжений зонами крупнейших сдвигов, рифтогенными впадинами и сводовыми поднятиями. Установлены закономерности эволюции напряженного состояния во времени, связанной, главным образом, с постепенной экспансией условий сжатия с юга на север Монголии.</p> <p>Созданы взаимосогласованные базы данных по термодинамическим свойствам веществ и минералов для расчета фазовых равновесий в недрах Земли. Используя оригинальные и литературные экспериментальные данные, разработаны взаимосогласованные уравнения состояния, максимально точно описывающие наиболее важные минералы и вещества: силикаты, оксиды, карбонаты и металлы. Наиболее значимыми результатами в приложении к петрологии являются рассчитанные фазовые диаграммы в системе $MgSiO_3$-MgO, упрощенно моделирующей состав мантии. Рассчитанные фазовые трансформации хорошо согласуются с геофизическими данными.</p> <p>Обнаружен феномен распространения глубинной воды Южно-Байкальского резервуара (ЮБР) с характерными значениями отношений активностей $234U/238U = 1,95-1,99$ и концентрации $U = 0,44-0,46$ мкг/дм³ под побережье Байкала. Латеральному продвижению вод ЮБР в Иркутском Предбайкалье способствует развитие пологих (ослабленных при рифтогенезе) разрывов Ангарского надвига и субвертикальных разрывов сдвиговой шовой зоны Главного Саянского разлома.</p> <p style="text-align: center;">ИЗК СО РАН</p> <p>На основе цифрового моделирования и фотограмметрической обработки снимков вулкана Безымянный впервые показана его эволюция после катастрофического извержения 1956 г. и по настоящее время. Использование высокоточных инструментальных данных позволило выделить основные этапы перехода Безымянного от купола к страговулкану и установить морфологические особенности каждого этапа с точными количественными оценками. Выполнено численное моделирование, объясняющее причины централизации отдельных эруптивных центров к единому жерлу с ростом постройки вулкана.</p>

Разработана методика выявления вертикальных деформаций побережья, связанных с сильными субдукционными землетрясениями (косейсмических деформаций). Методика определяется набором последовательных процедур, включающих изучение строения аккумулятивных морских террас геолого-геофизическими методами, выявление детальных параметров их рельефа, а также определение их возраста. С использованием методики установлено, что три цунамигенных землетрясения (из выявленных тридцати трех для последних примерно 4 тыс. лет), затронувших побережье Авачинского залива восточного побережья Камчатки, имели необычайно широкие очаговые области (>180–200 км), и могут быть отнесены к т.н. «мегаземлетрясениям» – с близкими к максимально возможному магнитудами. Установлено, что землетрясения с такими параметрами происходили в южном сегменте Камчатской зоны субдукции примерно раз в тысячу лет.

ИВиС ДВО РАН

Впервые для Сахалина разработаны карты детального сейсмического районирования нового поколения, основанные на современном уровне сейсмологической изученности региона. Принципиально новым является использование эмпирически обоснованного соотношения затухания сейсмических ускорений и метода расчета, основанного на теореме о полной вероятности. Проведенные исследования показывают, что национальные и глобальные карты дают консервативные оценки сейсмической опасности и в среднем на 0,5 балла завышенные значения нормативных сейсмических воздействий. Полученные результаты востребованы в сейсмостойком строительстве и могут быть применены при реализации инфраструктурных проектов.

ДВГИ ДВО РАН

Получены новые данные о современной геодинамике Курило-Камчатской зоны субдукции. Разнонаправленные движения GPS станций вдоль Курильских островов объясняются тем, что сегменты островной дуги находятся на разных стадиях сейсмического цикла. На основе анализа сейсмичности за период 1900–2018 гг. выполнена оценка сейсмического потенциала Курило-Камчатской зоны субдукции, уточнена геометрия межплитового сцепления Североамериканской и Тихоокеанской литосферных плит и скорость их сейсмического поддвига. Для выявления областей современного сейсмического дефицита в зоне субдукции предложен подход, основанный на кумулятивном смещении

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>межпланетных землетрясений с $M_w \geq 7,0$. В совокупности с другими методами такой подход способствует более точной оценке сейсмической опасности региона</p> <p>ИМГиГ ДВО РАН, ИО РАН, ФТИ РАН, ИФЗ РАН, МФТИ, ЕГС РАН</p>
<p>137. Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества</p>	<p>С использованием метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой в режиме анализа единичных частиц впервые показано, что Ni, Zn, Ag, Cd, Tl, As, Pb, Bi, Te и Hg в наночастицах вулканического пепла могут быть представлены индивидуальными нанофазами (скорее всего, оксидами или нерастворимыми в воде солями). Исследования проведены на примере пеплов камчатских вулканов Толбачик, Ключевской, Шивелуч и Кизимен. Соотношение элементов, содержащихся в виде соединений, адсорбированных на поверхности пирокластических наночастиц, и в виде отдельных нанофаз зависит от образца пепла. В наночастицах пепла вулкана Толбачик Ni, Zn, Tl, As и Hg присутствуют только в виде индивидуальных нанофаз. Полученные результаты позволяют расширить возможности изучения химического состава минеральных наночастиц, что чрезвычайно важно при проведении биогеохимических исследований.</p> <p>Получены новые данные по выносу Cs-137 за пределы пахотного горизонта в зависимости от ландшафтных условий (Брянская обл.): в предполесских ландшафтах 2,7–17,7%, в ландшафтах ополтей – 0,5–9%. Для ландшафтов ополтей установлена закономерность снижения коэффициента выноса из пахотного горизонта в зависимости от положения в катене: в транзитной позиции – 8,5% и 1,4% – в зоне аккумуляции. Исследовано радиальное распределение ^{137}Cs и $^{210}\text{Pbex}$ (избыточный) в дерновой и пойменных почвах бассейна р. Костинца для определения скорости осадконакопления.</p> <p>Проведен анализ анизотропии загрязнения тяжелыми металлами пойменных почв долины р. Северский Донец (Ростовская обл.). На основе полученных данных (65 участков) о содержании ТМ построены моноэлементные карты прогнозного содержания Cu, Pb, Cr и Zn двумя методами: 1) модель IDW и 2) логнормальный кригинг.</p> <p>Суммарное загрязнение (Zc) оценивались моделью индикаторного кригинга, что позволило построить карты риска техногенного загрязнения. Впервые установлено, что загрязнение ТМ проявляется не только в многократном увеличении концентрации эле-</p>

ментов по сравнению с геохимическим фоном, но также в изменении структуры геохимического поля за счет снижения крупномасштабной вариации. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшей оценки загрязнения ТМ.

ГЕОХИ РАН

Оценены эрозийные потери почвы на пахотных землях России. Установлено: 1) среднегодовые темпы суммарной (водной и ветровой) эрозии для всех регионов Европейской России оценены в 0,5 мм/год для территорий с чернозёмными почвами и 0,4 мм/год для регионов с каштановыми почвами, что эквивалентно ~ 6 т га-1 год-1 и ~ 4,8 т га-1 год-1, соответственно; 2) критическими факторами, определяющими различия в темпах потери почвы являются морфология пахотных склонов и эрозийный индекс осадков в то время как продолжительность обработки земель существенно не влияет на степень эродированности пахотных земель; 3) регионами с максимальными сокращениями почвенного профиля за счёт эрозийных потерь в период земледельческого освоения (с продолжительностью обработки склонов от 50 до 230 лет) в пределах Европейской части России стали Белгородская (10,5 см), Саратовская (9,1 см) и Ростовская (8,2 см) области; в пределах Сибири и Дальнего Востока – это Приморский край (4,6 см) и Кемеровская область (3,6 см).

Впервые для оценки сбалансированности землепользования на уровне субъектов Российской Федерации опробован метод оценки деградации земель, основанный на концепции НБДЗ и системе Trend Earth. Показано, что только восемь субъектов Российской Федерации с долей земель, ухудшенных за период 2001–2015 гг., менее 2%, и высокой долей стабильных и улучшенных земель, могут считаться достигшими НБДЗ. Для оценки модельных объектов на локальном уровне рекомендован дополнительный (к 3+1 глобальным) перечень индикаторов, апробированный при оценке сбалансированности землепользования для модельных объектов. На основе обоснованной системы индикаторов местного значения разработан подход к оценке сбалансированности управления лесами на уровне лесничества. Предложена классификация показателей, характеризующих физическо-экономические факторы, применимых непосредственно к земельному участку и его правообладателю, а также применимых к контексту деятельности правообладателя.

Выявлены три варианта экспансии лесов в тундру в условиях потепления: (а) восстановление позиций на участках с ранее уничтоженным древостоем; (б) расширение площадей на «новых» местах в пределах тысячетлетней динамики местообитаний в тундре;

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>(в) «наблюдение» леса на тундру в краткосрочные периоды потепления. Характерное время развития «зонального леса» составляет 200–400 лет, т.е. равно его сукцессионному циклу. Динамика проявляется в зависимости от локальных ландшафтных условий – вдоль речных долин, из долин на террасы и склоны водораздела, на водоразделах – от стенки леса и от границ лесных островов. Интенсивность облесения составляет: на равнинах – до нескольких м/год, в горах – от 0,5–1,0 до 3,0–5,0 м/год. ИГ РАН</p> <p>Оценено экологическое состояние двух озерно-речных систем Морье и Вьюн западного побережья Ладogi и современный уровень поступления в озеро биогенных и органических веществ с их водами. Основным фактором, тормозящим возможность озерно-речных экосистем к самоочищению, является высокая цветность воды, обусловленная усилением выноса гуминовых веществ с водосбора в результате сведения лесов и усиления эрозии почв. Показано, что существующая антропогенная нагрузка превышает возможности экосистем рек к очистке от загрязнений. При ускоренном освоении территории Карельского перешейка в ближайшие годы следует ожидать возрастания антропогенной нагрузки на экосистему Ладogi.</p> <p>Определены климатические нормы, характеризующие различные этапы термического состояния озера, в том числе связанные с весенней фронтальной зоной. Показано, что в ХХI веке исчезновение 4-х градусной изотермы на поверхности Ладожского озера происходит на две-три недели раньше климатической нормы при резком уменьшении ледового покрытия в зимний период с более ранним переходом температур воздуха через 0°C, а также уменьшением средней скорости ветра за период существования фронтальной зоны. Построены аналитические зависимости для определения скорости заглубления слоя температурного скачка для центральной части Ладожского озера. Статистически значимые отклонения от климатических норм свидетельствуют об изменении внешних воздействий на экосистему озера.</p> <p>Предложена относительно простая модель формирования испарения с леса EVAPFOR (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020663648), ра-</p>

ботаночная с шагом по времени один месяц, учитывающая разнообразие таксационных характеристик древостоя и возрастные изменения растительного покрова. Имитационное моделирование последствий гипотетических вырубок леса на экспериментальных водосборах Карелии позволило оценить интервал возможных экстремальных значений увеличения стока за счет снижения испарения. Последующее лесовосстановление и связанное с ним снижение стока будет иметь продолжительность около 70–80 лет в зависимости от типа леса.

ИНОЗ РАН

Представлена новая статистика смерчей (торнадо) в Северной Евразии с использованием различных источников с 10 века – около 3 тысяч смерчей над сушей и водой. Смерчи формируются в большинстве регионов Северной Евразии, с плотностью до четырех случаев на 104 км² в 1900–2016 гг. в некоторых регионах. Для смерчей над сушей хорошо выражены годовой и суточный циклы: они образуются в основном в мае – августе с максимумом в июне и в дневное время с максимумом в 17–18 час. местного времени. Водные смерчи образуются круглогодично с максимумом в конце лета и в основном в 9–13 местного времени. Большинство смерчей в Северной Евразии слабые и непродолжительные – 80% всех смерчей 1 категории по шкале Фуджита и только 3% для смерчей не слабее 3 категории. В 2010–2016 гг. в среднем за год формировалось около 150 смерчей, в том числе 10 второй и 2 третьей категории. Продолжительность половины смерчей менее 10 мин. Ежегодно 1–2 смерча приводят к нескольким десяткам ранений и даже человеческим жертвам.

Проанализированы характеристики циклонической активности, включая интенсивные циклоны, для разных режимов циркуляции атмосферы над Северной Атлантикой и Евразией для холодного сезона (декабрь–март) по данным реанализа ERA-Interim, влияющих на продолжительность навигации Северного морского пути. Составлен аналитический обзор существующих механизмов арктического усиления глобального потепления и новых концепций формирования аномалий климата, в том числе атмосферой циркуляции в высоких и средних широтах Северного полушария.

Получены результаты численного моделирования воздействия антропогенного аэрозоля на температурный и ветровой режим в большом городе на примере московской агломерации с помощью мезомасштабной климатической модели COSMO-CLM. Показало, что прямое воздействие антропогенного аэрозольного загрязнения на температурный и

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>ветровой режим городской агломерации значительно меньше, чем воздействие антропогенных потоков тепла, и не оказывает существенного влияния на обратные связи в системе «климат-город-энергетика».</p> <p>На основе анализа экспериментальных данных по измерению эмиссии метана из озёр южной тундры Западной Сибири показано, что с поверхности озёр этого региона медленный поток метана в атмосферу в теплый сезон года составляет $11,3 \text{ мгСН}_4/\text{м}^2/\text{сут}$ при изменениях от 0,5 до $436,8 \text{ мгСН}_4/\text{м}^2/\text{сут}$. Эмиссия метана из субарктических озёр Фенноскандии в теплый сезон изменяется от 0,9 до $21,7 \text{ мгСН}_4/\text{м}^2/\text{сут}$, при этом пузырьковая эмиссия метана в этот период составляет 64% диффузионного потока. Вклад субарктических озёр Фенноскандии в метановый бюджет атмосферы оценивается 73 КтСН_4 в год. Были организованы и проведены работы по изучению диффузионной эмиссии метана на озёрах и карьерах Западной Сибири (ХМАО), а также диффузионной и пузырьковой эмиссий СН_4 из Братского водохранилища.</p> <p style="text-align: center;">ИФА РАН</p> <p>Обоснована необходимость оценки природной защищенности геологической среды от загрязнения при разработке территориальных схем обращения с твердыми коммунальными отходами.</p> <p>Исследованы механизмы и продолжительность поступления металлов и аммонийного азота из твердых коммунальных отходов в свалочный фильтрат. Проанализирована подвижность металлов и трансформации NH_4^+ в аэробных и анаэробных условиях. Рассмотрены их формы связывания в твердой фазе. Показано, что риск поступления металлов в подземные воды после прекращения эксплуатации полигона ТКО минимален, тогда как концентрации аммонийного азота в свалочном фильтрате в течение длительного времени могут сохраняться на очень высоком уровне.</p> <p style="text-align: center;">ИГЭ РАН</p> <p>Предложен новый методический подход к интегральной оценке экологического состояния прибрежных акваторий Финского залива Балтийского моря с использованием</p>

ем одного из ключевых видов местной малакофауны – моллюска *L. balthica* в качестве биоиндикатора. Показатели их поведения (скорость двигательной реакции и потребление кислорода при двигательной активности) могут быть использованы в качестве возможных биомаркеров загрязнения среды их обитания. Разработан и апробирован новый биомаркер для оценки загрязнения осадков и придонного слоя воды в восточной части Финского залива – интенсивность аэробного энергообмена у моллюсков, количественно определяемый по максимальной скорости потребления кислорода и являющийся критерием аэробной мощности.

НИЦЭБ СПбФИЦ РАН

Построены карты средней суточной дозы при пероральном и ингаляционном поступлении, а также накожной экспозиции тяжелых металлов из почвы для города Владикавказа для следующих элементов: кадмий, медь, никель, ртуть, свинец и цинк. Рассчитан индекс канцерогенного риска и построены соответствующие карты. Установлено, что наиболее опасным способом поступления тяжелых металлов из почвы в организм человека является ингаляционный. При этом для свинца значения риска превышены для ограниченной территории бывшего завода «Электрощинк».

ГФИ ВНИЦ РАН

Установлена различная степень влияния климата и растительного покрова на физико-химические параметры вод и содержание потенциально опасных элементов в донных отложениях озер степей и лесов Южного Урала на основе палеолимнологических и геохимических методов. Выявлено доминирующее прямое воздействие флуктуаций палеоклимата голоцена на гидрохимию озер и аккумуляцию Sr, Ca, Mg, Mn, V и U в донных отложениях озер горноостепной зоны. Для озер горноостепной зоны определяющее влияние палеоклимата на формирование состава вод и озерных отложений установлено только для периода позднеледниковья и раннего голоцена. В среднем голоcene доказана ключевая роль растительного покрова и связанных с ним процессов формирования почв в уменьшении миграционной способности U, Se, W и Mo, снижении pH и минерализации озерных вод.

ЮУ ФНИЦ МиГ УрО РАН

Впервые на основе результатов экспедиционных исследований и изучения ландшафтного разнообразия разработано обоснование единой и непрерывной сети природных объ-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>ектов, образующих ландшафтно-экологический каркас трансконтинентального степного мегарегиона Внутренней Евразии. Завершено издание трехтомной иллюстрированной монографии «Картины природы Степной Евразии», в которой обобщены результаты многолетней экспедиции Института степи УрО РАН (2018–2020 гг.) по созданию научно-информационной базы об объектах природного наследия степной и лесостепной зон на территории 9 стран Европы и Азии и 31 региона Российской Федерации.</p> <p>Институт степи УрО РАН</p> <p>Обоснована методология прогнозирования динамики восстановления природных экосистем при восстановлении нарушенных земель горнопромышленной отрасли в соответствии с принципом их самоорганизации созданием биологически активной среды. В основе методологии лежит анализ комплексного мониторинга объекта наблюдения, включающий временные ряды спутниковых данных вегетационного индекса и геоботанических описаний формирующегося фитоценоза в ходе эволюции системы «горная порода – биота» в климатических условиях Арктики. Анализ показал, что образование биологически-активной среды в результате создания сеяного злакового фитоценоза без нанесения плодородного слоя обеспечивает увеличение энергетического потенциала системообразующей функции биоты и приводит к формированию фитоценоза со структурой природного ландшафта значительно быстрее, чем при самозарастании.</p> <p>Созданы методические основы построения трёхмерной гидрогеомеханической модели хвостохранилища горнорудного предприятия, отличающиеся от известных учётом фактора времени в фильтрационно-деформационных расчетах и позволяющие исследовать трансформацию гидростатического состояния в стационарную фильтрацию, а при определенном сочетании параметров механической и фильтрационной устойчивости грунтов – в гидродинамику водотока и размыва дамбы.</p> <p>ТоИ КНИЦ РАН</p> <p>В условиях лабораторного эксперимента показана эффективность метода сорбционной биоремедиации почв Кольского п-ова, загрязненных горюче-смазочными материа-</p>

лами. Внесение 1% и 3% гранулированного активированного угля (ГАУ), на фоне извещения и подкормки минеральными удобрениями, позволило за 4 месяца снизить содержание углеводородов нефти (УВН) на 78 и 91% соответственно от исходного суммарного содержания 25,3 г/кг по сравнению с 55% снижением концентрации УВН в почве без добавок. Использование ГАУ привело к активации абorigенных микроорганизмов-нефтедеструкторов и позволило оптимизировать аэробнотермический режим загрязненной почвы. О значительном повышении активности углеводородокисляющих микроорганизмов свидетельствует резкое увеличение дегидрогеназной активности почвы в присутствии ГАУ (в 29–70 раз по сравнению с контрольными вариантами). Внесение ГАУ уменьшило подкисление почвы и обеспечило снижение ее фитотоксичности, оцененной по длине корневых проростков овса, на 38–75 % по сравнению с вариантом с внесением только минеральных удобрений и извещения.

ИППЭС КНЦ РАН, ИФХ и БПП РАН

Получены количественные оценки изменчивости термодинамических характеристик и объема водных масс Черного моря для современного периода на межгодовом и десятилетнем масштабах. В последние 15 лет наиболее заметные изменения произошли в холодном промежуточном слое (ХПС) и в прибрежной водной массе. С конца 1990-х гг., на фоне глобального потепления, преобладали зимние периоды со слабым конвективным перемешиванием, что привело к значительному росту общего теплозапаса поверхностного слоя моря. Следствием этого явилось сокращение объема вод ХПС, уменьшение глубины залегания его оси и самые высокие значения температуры за 100-летнюю историю наблюдений в Черном море. Выявлены значительные междекадальные колебания общего запаса солей за последние 40 лет. С середины 1980-х гг. до 2008–2010 гг. содержание солей снижалось, затем стало резко возрастать, достигнув к 2020 г. уровня 1980-х гг.

МГИ РАН

Исследовано содержание тяжелых металлов в почвах Республики Калмыкия. Установлено, что содержание тяжелых металлов не превышает предельно допустимые концентрации, однако в динамике прослеживается незначительное увеличение. Изучен химический состав и биологические свойства почв, отличающихся способами предшествующего природопользования – это почвы населенных пунктов, почвы особо охраняемых природных территорий и почвы нефтедобывающих предприятий.

КалмНЦ РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Показано, что формирование и развитие ландшафтов Прикаспийской низменности в течение голоцена было прерывистым и разнонаправленным. В регионе развивалось три существенно разных типа осадконакопления и трендов ландшафтообразования. Первый тип – сильная эрозия и господство пустынно-степных условий, гидроморфные почвы и ландшафты отсутствовали. Второй тип – стабильный рельеф с развитием мощных почв, здесь возможно широкое развитие гидроморфных почв и ландшафтов. Третий тип – интенсивное накопление аллювия, условия для формирования почв ограничены. Этапы стабилизации рельефа и формирования почв для юга Прикаспийской низменности приходились на периоды 10,0–11,0 тыс.л.н., 6,2–6,5 тыс.л.н., 3,9–4,3 тыс.л.н., 2,7–3,0 тыс.л.н., 2,0–2,1 тыс.л.н. Погрешенные почвы этих периодов почти всегда более развиты, чем современные почвы.</p> <p style="text-align: center;">ИГ ДФИЦ РАН</p> <p>Для предгорной части Центрального Кавказа исследованы региональные особенности изменчивости температуры воздуха: при переходе от периода 1881–1960 гг. к периоду 1961–2017 гг. амплитуда годового хода температуры воздуха уменьшилась на 1,6°C. Тренды средних сезонных значений температуры положительные. Статистически значимы признаны линейные тренды за все сезоны на временных интервалах 1939–2017 гг., 1961–2017 гг. Наибольшая скорость повышения средней сезонной температуры воздуха за период 1939–2017 гг. имеет место зимой и составляет 0,38 °C/мес/10 лет. Наименьшая – летом (0,21°C/мес/10 лет). Для высокогорной части Восточного Кавказа установлено, что максимум годового хода осадков, наблюдавшийся ранее с мая по июнь (1941–1990 гг.), к настоящему времени сместился на июнь и выражен более ярко. Минимум сместился с декабря на январь. Обнаружено статистически достоверное уменьшение месячных сумм осадков в апреле и мае наряду с их ростом в марте и декабре, т.е. в период накопления запасов снега к началу периода половодья, высоких паводков и селей. Климатические условия, способствующие формированию более высоких уровней в реках во время сезона неблагоприятных паводков, сложились с 1993 года и по настоящее время имеют статистически подтвержденные тенденции.</p> <p style="text-align: center;">ЦТИ ФНИЦ КБНЦ РАН</p>

На основе разработанной системы индикаторов проведены анализ и оценка трансформации экономического и социального пространства Азиатской России и сопредельных территорий с учётом сбалансированности регионального развития. Проведен комплексный пространственно-демографический анализ возрастной структуры населения субъектов азиатской части России. В большинстве регионов азиатской России отмечается старение населения и сокращение доли трудоспособного населения. Проведена оценка транспортной мобильности населения, уровня развития межрегионального сотрудничества и эффективности региональной транспортной инфраструктуры Азиатской России и сопредельных территорий.

БИП СО РАН

Впервые произведена типизация горнопромышленных территорий Забайкалья как единых ландшафтно-геохимических систем, включающая комплексы рудных месторождений и продукты геотехногенного преобразования отходов их разработки. Для каждой из них выявлены типы вод, гидрогеохимические свойства которых определяются рудноформационными особенностями месторождений и продолжительностью взаимодействия в системе «вода – руда – горная порода». Определено, что наибольшую опасность представляют токсичные концентрации As, Pb, Cu, Zn, Cd, Sb, Bi, Te, Be.

ИПРЭК СО РАН

На примере Байкальского региона создана комплексная ландшафтно-картографическая обеспечения регионального геоэкологического анализа обширных территорий. Район исследования включает бассейн озера Байкал, в том числе в пределах Монголии. Проведен анализ природных структур и создана инвентаризационная карта геосистем масштаба 1:5 000 000. Разработаны признаки-индикаторы, на основе которых выполнена экологическая интерпретация геосистемной информации в форме комплексного экологического картографирования; осуществлено зонирование территории. Совокупность карт, составленных на основе структурно-иерархической классификации, отражает природные условия, экологические и ценностные функции геосистем, важные для принятия конструктивно-географических решений.

ИГ СО РАН

На основе палеогеографических реконструкций самаровского, тазовского, муругтинского и сартанского оледенений рассмотрены условия формирования ледниково-под-

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	<p style="text-align: center;">Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>прудных озер в межторных впадинах и долинах магистральных рек Забайкалья. По результатам палинологических исследований плейстоценовых отложений Забайкалья восстановлена динамика климатических колебаний во второй половине плейстоцена. Аргументировано существование в самаровское оледенение приледникового озера с максимальным уровнем 1020м, которое занимало огромные площади Забайкалья и окружающих территорий. Установлено время распространения Амурской системы рек в область замкнутых озерных котловин Юго-Восточного Забайкалья, включая северные территории Китая и Монголии.</p> <p style="text-align: center;">ИПРЭК СО РАН</p> <p>Выявлено, что формирование углекислых минеральных вод Витимского плоскогорья Западного Забайкалья связано с древним глубинным разломом осевой части Селенгино-Витимского прогиба. В газовых эманациях Хурэтинского и Романовского источников обнаружены повышенные содержания этана, пропана, изопентана, н-пентана, изобутана и н-бутана. Полученные данные указывают на то, что углекислый газ имеет полигенную природу. Эндогенный поток углекислого газа связан с кристаллизацией пород в глубоко залегающем магматическом очаге. Биогенный углекислый газ образуется в кайнозойских осадочных отложениях и обусловлен окислительным разложением органического вещества.</p> <p style="text-align: center;">ГИН СО РАН</p> <p>Проведена оценка воздействия Белозиминского Ta-Nb месторождения (Иркутская область). Полученные результаты показали, что в районе обогащательной фабрики преимущественно слабокислые почвы содержат повышенные содержания Ta, Nb, V и радиоактивных элементов. Химический состав отобранной из вентиляционного отверствия штольни техногенной пыли, состоящей, в основном, из CaO, P_2O_5, Fe_2O_3 и содержащей высокие концентрации Nb (более 10%), La, Ce, Nd, Ta, Th указывает, что в процессе обогащения редкометаллических руд в почве происходит концентрирование природных радионуклидов и других элементов, связанных с рудами. Повышенный радиационный фон</p>

на территории фабрики (до 4,08 мк³/час) связан с высоким содержанием в продуктах обогащения природных радионуклидов (Pb и U), а также продуктов их распада.

Получена оценка содержания 238Pu, 239+240Pu и 137Cs в гидробойнтах и сопряженных донных отложениях (ДО) р. Енисей. Показано, что биоту наряду с ДО, можно использовать в качестве эффективных индикаторов загрязнения экосистемы плутонием. Установлена зависимость концентраций искусственных изотопов в пойменной системе от времени, продолжительность паводков и совпадения их с вегетативным циклом системы. Для модельного участка рассчитан вторичный вынос 137Cs из компонентов системы (105–106 Бк/год).

ИГМ СО РАН

Комплексный высокоразрешающий анализ керна оз. Токотан на о-ве Уруп иллюстрирует сложные палеоэкологические сигналы голоцена. Диатомовые и геохимические данные осадков озера свидетельствуют, что за последние ~ 3450 тыс. лет площадь озера уменьшалась в результате его постепенного обмеления. По палинологическим данным значительных климатических изменений в это время не наблюдается. Петромагнитные характеристики указывают на различные условия седиментации и изменения источников сноса во время формирования озера. Такие факторы, как вулканизм, сейсмическая активность, изменения уровня моря оказывали большее влияние на позднеголоценовые записи озера, чем климат. Палеозаписи с Курильских островов демонстрируют несогласованность в количестве и / или продолжительности предполагаемых голоценовых климатических колебаний.

СВКНИИ ДВО РАН

Установлено, что химический состав речных отложений бассейна р. Зей отражает геохимию коренных пород в зоне размыва и характеризует тенденцию изменения выветривания водосборного бассейна. По сравнению с верхней частью континентальной коры речные осадки обеднены практически всеми проанализированными основными элементами. На основании анализа соотношений макроэлементов показано, что степень выветривания русловых отложений среднего течения реки Зей увеличивается вниз по течению реки. Особенности химического состава русловых отложений исследованного участка реки близки к таковым рекам северо-восточного Китая.

ИГиП ДВО РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Обозначены национальные интересы России в долгосрочном устойчивом развитии Дальневосточного макрорегиона, его геополитические, экономические, социальные и экологические цели. Описаны ключевые проблемы и предпосылки устойчивого развития, выделены пространственные уровни анализа и оценок. В качестве связующего уровня предлагается рассматривать территориальные социально-экономические системы в виде групп поселений, связанных транспортными путями, и территориальных структур природопользования. Проведено зонирование региона по сочетанию факторов долгосрочного развития. Выделены приоритетные виды деятельности и построена карта с корректировкой некоторых административно-территориальных границ.</p> <p>Впервые проведено природно-ресурсное районирование Дальневосточного макрорегиона в рамках современного Дальневосточного федерального округа, выделен 41 район. В основу районирования положено выделение территориальных сочетаний природных ресурсов по наличию межресурсных связей двух типов: непосредственные и опосредованные связи ресурсосодержащих компонентов в природных геосистемах; опосредованные связи ресурсосодержащих компонентов через элементы территориальных социально-экономических систем, формирующихся в процессе добычи и освоения природных ресурсов. Разработан алгоритм природно-ресурсного районирования с выделением целостных природных геосистем, ресурсосодержащих компонентов и установлением межресурсных связей. Выделенные в пределах районов территориальные сочетания природных ресурсов позволяют более полно оценивать природно-ресурсный потенциал в региональном развитии.</p> <p style="text-align: center;">ТИГ ДВО РАН</p> <p>Впервые для юга Дальнего Востока восстановлена геологическая летопись экстремальных паводков, связанных с прохождением наиболее сильных палеотайфунов за последние 6620 кал. лет. Определен возраст 25 экстремальных наводнений и проанализирован палеоклиматический фон событий. Повторяемость экстремально сильных тайфунов возрастала как в теплые влажные и сухие, так и в холодные сухие фазы палеоклиматических колебаний. Выделены три периода их активизации (4640–4360; 4030–3580; 1860–</p>

	<p>1380 кал. л.н.), когда супертайфуны выходили на о. Сахалин 1 раз в 30–90 лет. Изменение траекторий экстремальных супертайфунов связаны с аномалиями крупномасштабной атмосферной циркуляции и повторяемостью различных синоптических ситуаций, контролирующих их выход на юг региона.</p> <p>ТИГ ДВО РАН с участием ТОИ ДВО РАН, ИВЭП ДВО РАН, ИМГиГ ДВО РАН</p>
<p>138. 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)</p>	<p>Создан ГИС-проект, интегрирующий данные по геологии, тектонике, геодинاميке и металлогении Аргунской структурно-формационной зоны Восточного Забайкалья. На основе детальной цифровой модели рельефа осуществлён линейный анализ территории, сочетающийся с результатами реконструкции поля напряжений мезозойской тектономагнитической активизации, тектонофизического анализа кинематики (сдвиг, склос, растяжение) и 2D визуализации в различной степени гидравлически активных сегментов разломных зон, что позволило выделить участки, перспективные на поиски полезных ископаемых, с учетом пространственного распределения всех известных месторождений и рудопроявлений.</p> <p>ИГЕМ РАН</p> <p>С помощью нового алгоритма распознавания образов «Барьер-3» выполнено распознавание мест возможного возникновения землетрясений с $M \geq 6,0$ на Кавказе. Распознанные зоны сравнивались с зонами, полученными ранее с помощью классического алгоритма дихотомии «Кора-3». Впервые предложено интерпретировать совместный результат распознавания алгоритмами «Барьер-3» и «Кора-3» как нечеткое множество пересечений линейных элементов, в окрестности которых возможно возникновение сильных землетрясений.</p> <p>Полностью укомплектована высокоточной магнитометрической аппаратурой новая совместная геомагнитная обсерватория «Гюлагарак» (Армения), на которой начаты регулярные абсолютные измерения. Обновлена и усовершенствована инфраструктура магнитных обсерваторий «Климовская», «Белое море» и «Санкт-Петербург». В 2020 г. присвоены DOI новым массивам компонент геомагнитных наблюдений. Разработана методика и предварительная программа измерений на пунктах векового хода (ПВХ) магнитного поля Земли. Введение расчетных характеристик, связанных с истинным положением магнитного полюса, придаст дополнительную информативность результатам измерений на ПВХ.</p>

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Разработана технология подготовки верифицированных геомагнитных данных и их хранения в БД, во многом ускоряющая процедуру подготовки. Качество получаемых данных сравнимо с результатами применения традиционных подходов международной сети ИНТЕРМАГNET к их подготовке. Внедрение данной высокопроизводительной технологии в практику подготовки окончательных данных ИНТЕРМАГNET будет способствовать ускорению их публикации, а также оперативному расчету продуктов данных и моделей на их основе.</p> <p>Увеличен объем доступных в сети информационных ресурсов Мировых центров данных по физике твердой Земли и солнечно-земной физике за счет поступления новых данных и перевода данных с бумажного носителя в электронный вид. Осуществлено наполнение реляционной БД «Геомагнетизм», обеспечивающей удобный онлайн-выступ к данным. «База данных по наукам о Земле» дополнена новыми базами и наборами данных, которым присвоен цифровой идентификатор объекта DOI.</p> <p>ГЦ РАН</p>
	<p>Разработан и создан полностью функционирующий прототип дистанционно пилотируемого летательного аппарата (ДПЛА), ориентированный на проведение геофизических исследований. Разработаны и апробированы варианты передачи данных в реальном времени с использованием различных протоколов передачи данных. Реализовано ПО для передачи данных по протоколу MQTT из арсенала технологий интернета вещей (IoT). Разработаны методы стационарного сбора геомагнитных данных и сигналов ГНСС, ориентированных на наземное сопровождение ДПЛА-измерений.</p> <p>ИФЗ РАН</p> <p>Получены результаты многолетних трендов мезосферной облачности по московской базе данных за период 1968–2018. В качестве индексов активности серебристых (мезосферных) облаков (C.O.) были взяты эффективное (погодно-скорректированное) число ночей с C.O. и эффективная накопленная за сезон яркость C.O. Первый из индексов показывает околонулевой тренд, второй – слабopоложительный, но статистически</p>

не значимый. Вывод согласуется с аналогичным выводом, полученным по спутниковым измерениям водосодержания мезосферной облачности в умеренных широтах Северного полушария (DeLand & Thomas, 2015). Показано, что C.O. показывают статистически значимый отрицательный отклик на изменение солнечной активности, что укладывается в современные представления о фотоллизе водяного пара излучением в линии Lyman α .

Разработана математическая модель полей яркости серебристых облаков с учетом волнового искривления границ облачного слоя. Выяснено, что для атмосферных гравитационных волн с длинами 10–30 км фактор искривления границ облачного слоя является главным в формировании волновых полей яркости серебристых облаков. Как подтвердилось сравнение модели с разрезами яркости на снимках серебристых облаков, учета только этого фактора оказывается достаточно для реалистичного моделирования яркости серебристых облаков.

ИФА РАН

Впервые численным расчетом получены размеры трубок чувствительности для волн РКПР, РКПР, РКРab на эципентральных расстояниях 170–180 градусов. Проведенное исследование амплитудных ядер чувствительности в зависимости от скорости поперечных волн показывает, что мантийные неоднородности вносят в 5 раз (при условии равенства объемов) больший вклад в картину возмущений в зоне РКПР волны, чем неоднородности во внутреннем ядре, и могут приводить к неоднозначной интерпретации природы обнаруженных сигналов.

Разработан и изготовлен лабораторный макет адаптивной оптической системы, предназначенной для коррекции aberrаций волнового фронта (ВФ) излучения, прошедшего сквозь турбулентную атмосферу. Макет содержит источник лазерного излучения, включающий в себя лазерный диод, сопряженный с волоконном, коллиматор излучения, деформируемое зеркало, использующееся в качестве корректора, датчик волнового фронта излучения, состоящий из микролинзового раstra и скоростной камеры. Искажения волнового фронта иницируются генератором турбулентности, выполненном на основе биморфного деформируемого зеркала. Качество коррекции оценивается по наблюдениям распределения интенсивности излучения в дальней зоне, формируемого длиннофокусной линзой. Лабораторный макет позволяет, в зависимости от используемых параметров турбулентности, определять оптимальную конфигурацию и число электродов корректи-

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>рующего деформируемого зеркала, а также требуемую частоту работы системы коррекции волнового фронта.</p> <p>Впервые зарегистрирован инициированный взрывными горными работами рой микроземлетрясений с низкой скоростью распространения разрыва. Полученный на Коробковском железорудном месторождении Курской магнитной аномалии результат дает новую информацию о масштабах соотношениях для слабой сейсмичности, а также демонстрирует, что разные формы реализации энергии характерны не только для крупнейших деформационных событий в зонах субдукции, но и для слабых явлений, индуцированных техногенной деятельностью. Предложен новый способ определения типа деформации в очаге слабых сейсмических событий, индуцированных горными работами в шахте. Путем классификации зарегистрированных слабых сейсмических событий показано, что из них 45% с большой вероятностью представляют собой трещины сдвига. Выполнен обобщающий анализ результатов инструментальных наблюдений за микробарическими вариациями в приземном слое земной атмосферы, вызванные источниками природного и техногенного происхождения. Результаты исследований обобщены в виде монографии: В.В.Адушкин, Ю.С. Рыбнов, А.А. Спивак «Инфразвук в атмосфере» М.: ТОРУС ПРЕСС, 2020. 332 с.</p> <p style="text-align: center;">ИДГ РАН</p> <p>Впервые определены зависимости, характеризующие связь теплоизоляционных свойств типичных видов тундрового напочвенного покрова с "кажущейся тепловой инерцией" (КТИ), определяемой по данным теплового ДЗЗ. На основе разработанной методики радиометрической нормализации тепловых изображений по данным со спутника Landsat 8 выявлено резкое снижение параметра КТИ после уничтожения (пожара) тундрового напочвенного покрова, что может быть признаком уменьшения влажности, повышения теплоизоляционных свойств поверхностного слоя и, как следствие, деградации мерзлоты. Полученные результаты применимы для разработки методики картографирования и мониторинга теплоизоляционных свойств тундрового покрова, оценки и прогнозирования состояния мерзлых грунтов по данным ДЗЗ.</p> <p style="text-align: center;">ИПНГ РАН</p>

Впервые показаны новые возможности определения полей горизонтальной скорости течений и орбитальной скорости вращения вихрей в прикромочной ледовой зоне по данным последовательных радиолокационных (РЛ) измерений спутников Sentinel-1. Разработанная методология может служить основой для регулярного спутникового мониторинга динамики и эволюции прикромочной ледовой зоны в Арктике и валидации современных численных моделей циркуляции Северного Ледовитого океана.

МГИ РАН

Разработана методика оценки закономерностей изменения температуры поверхностного слоя воды и ледяного покрова Белого моря по спутниковым данным с помощью специального автоматизированного алгоритма. Методика представляет практический интерес для определения дат начала и закрытия навигации.

ИВПС КарНЦ РАН

Подготовлена электронная база данных (40–50 лет) для расчета диффузных потоков загрязняющих веществ с водосбора и качественные характеристики воды Иваньковского водохранилища. Проведен расчет биогенного стока с водосбора Иваньковского водохранилища. Оценена эффективность водохранилищ мероприятий по методике расчета предотвращенного экологического ущерба с учетом многолетних минимальных и максимальных значений уровней диффузной нагрузки.

Предложены усовершенствованный метод моделирования влагозапасов почвы (W), суммарного испарения (Ev) и других элементов водного и теплового режимов территорий сельскохозяйственных регионов с разным характером увлажнения (на примере центральных и южных областей Европейской территории России) и его численная реализация. Построены поля значений W и Ev для исследуемых регионов по результатам расчетов этих величин по модели с учетом динамики характеристик растительности разных типов для каждого сезона вегетации. Исследования проводились с использованием спутниковой информации о характеристиках подстилающей поверхности и метеословиях для территорий лесостепных черноземных областей России (Курской, Орловской, Белгородской, Брянской, Воронежской, Липецкой и Тамбовской) площадью 227300 км², степной черноземной Ростовской области площадью 100000 км² и находящихся в зоне сухой степи левобережной части Саратовской и Волгоградской областей площадью 66600 км² для сезонов вегетации 2017–2018 гг.

ИВП РАН

Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)	Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)
	<p>Разработана методика обработки высокоточных тепловизионных данных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для классификации и распознавания объектов подстилающей поверхности, включающая рекомендации для сбора тепловизионных данных. Методика позволяет получить информацию о температурных градиентах между объектами местности. Высокоточные данные в тепловом диапазоне перспективно использовать как дополнительные для распознавания видов растительности, оценки состояния деревьев и кустарников, оценки опад и др. Тепловизионные данные с БПЛА позволяют изучать трехмерную тепловую структуру объектов.</p> <p style="text-align: center;">ИГ РАН</p> <p>Созданы и используются с конструкторской документацией и разработанным алгоритмически-программным обеспечением следующие океанографические измерители:</p> <ul style="list-style-type: none"> – малогабаритный измерительный канал электропроводимости на базе 5-ти электропроводного датчика; – модуль автономной памяти на базе стандартных micro SD карт для малогабаритных и автономных измерителей; – модуль GPS навигации для подвижных измерительных платформ; – экспериментальный образец лабораторного солемера с каналами температуры и электропроводности средней точности. <p>Разработан и создан многофункциональный акустический стенд с набором различных измерительных каналов и генератором пузырьков, что позволяет проведение предварительных исследований в лабораторных условиях, для формирования структурных схем и определения предполагаемых технических возможностей будущих приборов.</p> <p style="text-align: center;">ИПТС</p> <p>На основании данных, собранных и размещенных авторами на геопортале ГТМ РАН «Металлогения», впервые описана и проанализирована историческая металлогения ниобия (Nb), проведено ее сравнение с ранее проанализированной исторической металлогенией тантала (Ta). Установлено, что Nb и Ta, очень тесно связанные между собой</p>

в минералообразующих процессах, только частично совпадают в геохронологическом распределении импульсов формирования промышленно интересных залежей. Причина несовпадения кроется в том, что Ta и Nb далеко не всегда образуют сопоставимые по потребности ценности рудные концентрации в одних и тех же месторождениях. Чаще всего такое совпадение имеет место в алюмосиликатных щелочных комплексах, которые и для Nb, и для Ta имеют крайне малое значение в промышленной добыче. Месторождения, из которых эти металлы преимущественно извлекаются (редкометалльные пегматиты и лейкограниты для Ta и карбонатиты для Nb), относятся не только к разным типам, но и формируются из магм, имеющих разные источники в литосфере.

Разработан научно-популярный портал «История Земли: геологический ракурс», доступный в интернете по адресу: <https://popularscience.earth/>.

ГГМ РАН

Разработана новая методика зондирования, которая имеет преимущество над широко применяемой четырехэлектродной симметричной установкой Шлюмберже, что установлено по результатам математического и физического моделирования. Это связано с большей глубиной проникновения тока в среду при одинаковом положении крайних электродов установок, что обеспечивает устойчивый выход на асимптоту кривых зондирования. Отмечается более надежное выявление границ неоднородностей при визуализации данных электрозондирования над локальными объектами из-за уменьшения влияния краевых эффектов. Новая технология проведения электрозондирования с комбинированной установкой опробована при обследовании Ельчевского гидротехнического сооружения в Свердловской области – грунтовой плотине, ограждающего водоем-накопитель нейтрализованных шахтных вод. Экспериментальные исследования показали, что она позволяет повысить эффективность изучения верхней части геологического разреза.

Институт геофизики УрО РАН

Разработана компьютерная технология, позволяющая осуществлять приведение гравитационного поля в редукции Буге на горизонтальную плоскость с одновременным выделением его составляющих, обусловленных геологическими объектами с положительной и отрицательной эффективной плотностью. Используется аппроксимация аномалий силы тяжести полем эквивалентных источников, распределенных на двух уровнях глубин.

Горный институт филиал ПФИЦ УрО РАН

<p>Номер и наименование направления фундаментальных исследований (по Программе)</p>	<p>Полученные результаты (в привязке к ожидаемым результатам по Программе)</p>
	<p>Создана модель переноса тепла и влаги в почве, учитывающая специфику переувлажненных почвогрунтов. Сравнение модельных расчетов и результатов измерений показывает, что эволюция тепло- и влагообмена в существенно отличающихся минеральных и торфяных почвах корректно воспроизводится моделью. Учет гидрометеорологических процессов с органикой позволит уточнить гидрометеорологические и агрометеорологические прогнозы, а также результаты климатического моделирования, в частности, вклад заболоченных территорий в баланс углерода.</p> <p>Разработана новая ультразвуковая автоматическая метеостанция АМК-04 (УАМС АМК-04) с расширенным диапазоном измерения скорости ветра (до 60 м/с) и температуры воздуха (до -70°C). Благодаря применению автоматической системы контроля функционирования и системы обогрева, повышена надежность работы метеостанции в тяжелых климатических условиях. УАМС АМК-04 внесена в Реестр средств измерений РФ и адаптирована для работы в Арктике.</p> <p style="text-align: center;">ИМКЭС СО РАН</p> <p>Определен механизм образования каналов обходной фильтрации в грунтах основания дамбы хвостохранилища алмазодобывающего предприятия за счёт физического процесса повышения температуры с последующим растеплением многолетнемёрзлых грунтов, а также экзотермических реакций «вода-порода». Установлено, что при взаимодействии коренных пород с сульфатно-хлоридными оборотными водами повышенной минерализации (5 г/л) происходит растворение карбонатно-силикатной матрицы, выщелачивается кальций с последующим осаждением гипса и ангидрита, и выделением тепла, что подтверждается данными термодинамического моделирования.</p> <p>Существенно усовершенствована геохимическая технология «ПК+ЭХО» поиска залежей углеводородов с пассивным концентрированием и экспрессным анализом проб в поле введения автоматизированной текущей (непрерывной) калибровки газового хроматографа, повышающей точность анализа с 30 до нескольких процентов. Впервые технология «ПК+ЭХО» апробирована в условиях Заполярья и показано, что она по информативности не уступает существующей съёмке с анализом грунтовых проб. Портативность</p>

и экспрессность технологии обеспечивают на перспективу возможность оперативного геохимического углеводородного районирования обширных территорий РФ на предмет потенциальных залежей углеводородов.

ИНПГ СО РАН

По способности концентрировать Li, Na, Mn, Co, Ba спиригира значительно превосходит байкальские бентосные водоросли. Формируя на участках литорали, сопряженных с населенными пунктами, большую биомассу, спиригира способствует снижению в загрязненной водной среде доступных соединений многих химических элементов, особенно Li, Na, Cl, Mn, Co, Ba, повышенный приток которых обусловлен сбросом загрязненных сточных вод с площади водосбора озера.

ЛИН СО РАН

Разработан и апробирован в шахтных условиях высокочувствительный ($\sim 10 \text{ В/м} \cdot \text{с}^2$) пьезоакустический преобразователь (геофон) AP2088 для автоматизированной системы контроля горного давления «Prognoz-ADS», обеспечивающий уверенную регистрацию акустической эмиссии в массиве горных пород в диапазоне частот от 0,1 до 10 кГц и энергетического класса сейсмоакустических событий от 10 до 106 Дж. Новая модель геофона добавлена в реестр средств измерения Российской Федерации № 77757-20 от 03.03.2020 г.

ИГД ДВО РАН

ДОКЛАД
ПРАВИТЕЛЬСТВУ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
О ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ
В 2020 ГОДУ ПРОГРАММЫ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫХ
АКАДЕМИЙ НАУК
НА 2013–2020 ГОДЫ

Формат 70х90 1/16
Гарнитура Times
Усл.-п. л. 51,19. Уч.-изд. л. 34,7
Тираж 150 экз.

Издатель – Российская академия наук

Верстка и печать – УНИД РАН
Отпечатано в экспериментальной цифровой типографии РАН

Распространяется бесплатно